



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN MEDICINA E CHIRURGIA

DIPARTIMENTO DI MEDICINA

Direttore: Prof. Roberto Vettor

U.O.C. Medicina dello Sport e dell'Esercizio

Direttore: Prof. Andrea Ermolao

Tesi di Laurea

**La prevenzione delle cadute nei soggetti anziani:
il ruolo della prescrizione dell'esercizio fisico**

Relatore:

Prof. Andrea Ermolao

Laureando:

Vittorio Fantin

Anno Accademico 2021/2022

1	Sommario	
2	<u>INTRODUZIONE</u>	5
2.1	Considerazioni epidemiologiche.....	5
2.2	Scopo del lavoro.....	7
3	<u>MATERIALI E METODI</u>	7
4	<u>RISULTATI EPIDEMIOLOGICI</u>	10
4.1	Definizioni del rischio di caduta	10
4.2	Meccanismi implicati nella perdita dell'equilibrio e fattori rischio di caduta....	12
4.3	Metodologie di valutazione del rischio di caduta	20
5	<u>RISULTATI PREVENZIONE</u>	36
5.1	Linee guida mondiali per la prevenzione e la gestione delle cadute negli anziani: un'iniziativa globale (Montero-Odedo et al. WFG 2022).....	36
5.2	Evidenze sull'attività fisica e la prevenzione delle cadute per le persone di età superiore ai 65 anni: revisione sistematica per informare le linee guida dell'OMS sull'attività fisica e il comportamento sedentario (Sherrington et al. 2020).....	44
5.3	Programmi di attività fisica per l'equilibrio e la prevenzione della caduta in anziani (Thomas et al 2019).....	50
5.4	L'effetto degli interventi previsti per migliorare la forza muscolare intrinseca plantare del piede sulla funzione dinamica correlata alle cadute negli adulti (Willemse 2022)	58
5.5	Allenamento dell'equilibrio basato sulle perturbazioni esterne ai fini della riduzione delle cadute negli adulti anziani: Evidenze attuali e implicazioni per la pratica clinica (Gerards 2017)	69
5.6	L'effetto della superficie di appoggio e delle condizioni delle calzature sull'oscillazione posturale e sull'azione dei muscoli degli arti inferiori delle donne anziane (Huang 2020)	74
5.7	Studio sperimentale pilota sugli effetti di un tappetino spugnoso a densità variabile per l'attivazione propriocettiva durante la deambulazione.....	78
6	<u>CONCLUSIONI</u>	84
7	<u>INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI</u>	86
8	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	88

Abstract -italiano

Almeno un terzo delle persone che vivono in comunità e hanno più di 65 anni di età cadono ogni anno e il tasso di lesioni da caduta aumenta con l'età. Le cadute possono avere conseguenze gravi, come fratture e lesioni alla testa. Le fratture associate alle cadute nelle persone anziane sono una significativa fonte di morbidità e mortalità. Sebbene la maggior parte delle lesioni da caduta, come contusioni, lacerazioni e distorsioni, sono meno gravi, possono comunque provocare dolore, riduzione della funzionalità e notevoli costi sanitari.

Inoltre, le cadute o gli eventi medici correlati alle cadute rappresentano il 40% dei ricoveri in case di cura e contribuiscono a un ulteriore aumento dei costi sanitari.

Partendo dalle definizioni del rischio di caduta, lo scopo di questa tesi è di condurre una revisione sistematica della bibliografia in relazione ai fattori e alle metodologie di valutazione dello stesso e soprattutto agli effetti dell'esercizio fisico ai fini di eventuali benefici rispetto alla perdita dell'equilibrio con conseguente caduta, con particolare riferimento alla fascia di età degli anziani. Viene anche condotto uno studio pilota sperimentale sull'utilizzo di esercizi di deambulazione eseguiti su un tappetino spugnoso di nuova generazione per l'attivazione dei meccanismi propriocettivi della pianta del piede.

I metodi valutativi tipicamente clinici mostrano un certo consenso in riferimento ai classici tipi di test sviluppati (POMA, BEST, BBS, SPPB). Questi strumenti valutano diversi compiti di controllo posturale, tra cui le strategie sensoriali, la stabilità, l'allineamento posturale e gli aggiustamenti posturali anticipati e sono basati essenzialmente sull'osservazione e sui punteggi conferiti dall'operatore. Essi sono semplici e veloci nella loro somministrazione tuttavia è stato messo in luce la necessità di una strutturazione dei protocolli più coerente con le premesse del disegno sperimentale e dei presupposti statistici onde avvalorare le certezze delle previsioni. L'utilizzo delle tecnologie come la posturografia e il monitoraggio a tempi lunghi con sensori facilmente indossabili rappresenta un sicuro campo futuro di indagine ed applicazione, che, altresì, necessita di una ulteriore standardizzazione ai fini dell'applicabilità nel campo specifico del rischio di caduta.

Le prove attuali sulla prevenzione delle cadute suggeriscono un approccio mirato all'esercizio fisico piuttosto che una promozione più generale dell'attività fisica. L'importanza dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute suggerisce di prestare maggiore attenzione all'implementazione diffusa di un approccio all'invecchiamento sano lungo tutto l'arco della vita. In particolare, la durata della maggior parte dei programmi di esercizio ammonta mediamente a 12 settimane o più e quasi un terzo perdura un anno o più. Questi risultati evidenziano anche l'importanza di un esercizio fisico continuativo. Poiché è possibile che gli interventi volti ad aumentare l'attività fisica possano incrementare le cadute a causa di una maggiore esposizione al rischio, alcuni autori suggeriscono a coloro che intraprendono studi sugli interventi di attività fisica negli anziani di prendere in considerazione il monitoraggio delle cadute. Le revisioni più aggiornate forniscono prove ad alta certezza che i programmi di esercizio fisico ben progettati riducono il tasso di cadute tra gli anziani che vivono in comunità di circa il 25%. Lo studio pilota ha mostrato significative differenze nell'attivazione muscolare di alcuni muscoli come effetto acuto della somministrazione di esercizi deambulatori su una superficie spugnosa di nuova generazione.

Abstract - english

At least one third of people living in the community and over 65 years of age fall each year and the rate of fall injuries increases with age. Falls can have serious consequences, such as fractures and head injuries. Fractures associated with falls in the elderly are a significant source of morbidity and mortality. Although most fall-related injuries, such as contusions, lacerations and sprains, are less serious, they can still cause pain, reduced functionality and significant healthcare costs. In addition, falls or fall-related medical events account for 40 per cent of admissions to nursing homes and contribute to a further increase in healthcare costs. Starting from the definitions of the risk of fall, the aim of this study is to conduct a systematic review of the specific literature in relation to the factors and methodologies for assessing it and, above all, the effects of physical exercise in terms of possible benefits with respect to loss of balance resulting in falling, with particular

reference to the elderly age group. An experimental pilot study is also conducted on the use of walking exercises performed on a new-generation spongy mat (foam surface) to activate the proprioceptive mechanisms of the sole of the foot. Typically, clinical assessment methods show some consensus with reference to the “classic” types of tests developed (POMA, BEST, BBS, SPPB). These instruments assess various postural control tasks, including sensory strategies, stability, postural alignment and anticipated postural adjustments and are essentially based on observation and scores given by the clinician. They are simple and quick in their administration, however, it was pointed out that protocols need to be structured more consistently with the experimental design and statistical assumptions in order to validate the certainty of the predictions. The use of technologies such as posturography and long-time monitoring with easily wearable sensors represents a promising future field of investigation and application, which also needs further standardisation for applicability in the specific field of risk of fall.

Current evidence on fall prevention suggests a targeted approach to exercise rather than a more general promotion of physical activity. The importance of exercise in fall prevention suggests that more attention should be paid to the widespread implementation of a lifelong approach to healthy ageing. These results also highlight the importance of continuous exercise. Since it is possible that interventions aimed at increasing physical activity may increase falls due to increased risk exposure. For these reasons, some authors suggest that researchers undertaking studies on physical activity interventions in the elderly should consider fall monitoring. The most up-to-date reviews provide high certainty evidence that well-designed exercise programmes reduce the rate of falls among community-dwelling elderly by approximately 25 per cent. Finally, the pilot study conducted, showed significant differences in muscle activation of some muscles as an acute effect of administering walking exercises on a new generation spongy surface.

2 INTRODUZIONE

2.1 Considerazioni epidemiologiche

Almeno un terzo delle persone che vivono in comunità e hanno più di 65 anni di età cadono ogni anno (Campbell 1990; Tinetti 1988) e il tasso di lesioni da caduta aumenta con l'età (Peel 2002). Le cadute possono avere conseguenze gravi, come fratture e lesioni alla testa (Peel 2002). Circa il 10% delle cadute provoca una frattura (Campbell 1990; Tinetti 1988); le fratture associate alle cadute nelle persone anziane sono una significativa fonte di morbidità e mortalità (Burns 2016). Sebbene la maggior parte delle lesioni da caduta, come contusioni, lacerazioni e distorsioni, sono meno gravi, possono comunque provocare dolore, riduzione della funzionalità e notevoli costi sanitari.

Le cadute sono associate a una riduzione della qualità della vita (Stenhagen 2014) e possono avere conseguenze psicologiche: la paura di cadere e la perdita di fiducia che possono comportare una limitazione dei livelli di funzionalità fisica e delle interazioni sociali (Yardley 2002). Paradossalmente, questa limitazione delle attività può aumentare il rischio di ulteriori cadute, contribuendo al deterioramento delle capacità fisiche. Le cadute, sia quelle che provocano danni sia quelle che non ne provocano, possono avere queste conseguenze psicologiche e conseguenti impatti fisici.

Oltre alle conseguenze fisiche e psicologiche per gli individui e le loro famiglie, le cadute possono avere un importante impatto finanziario sugli individui, sulle famiglie e sui sistemi sanitari e di assistenza alla comunità (Burns 2016). Ad esempio, le cadute sono un fattore predittivo indipendente di ricovero in strutture residenziali per anziani (Tinetti 1997).

Le cadute colpiscono un adulto su tre di età superiore ai 65 anni (Hausdorff 2001) e il 50% degli adulti di età superiore agli 80 anni (Inouye 2009). Il 20-30% di questi pazienti subisce lesioni da moderate a gravi che interferiscono con la loro capacità di continuare a vivere nella comunità, richiedono il ricovero in ospedale e hanno un aumentato rischio di morte (Alexander 1992). Nel 2009, negli Stati Uniti, si sono registrate 2,2 milioni di

lesioni da caduta non fatali tra gli anziani e che hanno richiesto il trattamento nei dipartimenti di emergenza e più di 581.000 di questi pazienti sono stati ricoverati in ospedale (US Center for Disease 2010). Nello stesso anno, oltre 19.000 anziani sono morti a causa di lesioni da caduta non intenzionale, rendendo le cadute la quinta causa di morte negli adulti di età superiore ai 65 anni (US Center for Disease 2010).

Le persone anziane hanno una maggiore predisposizione alle lesioni a causa della maggiore prevalenza di comorbidità, dei cambiamenti fisiologici legati all'età e del ritardo nel recupero funzionale che, a loro volta, portano a un ulteriore de-condizionamento e a un maggior numero di cadute (Rubenstein 2002). Circa il 30-50% delle cadute provocano lesioni minori, come contusioni o lacerazioni, ma il 5-10% delle cadute provoca lesioni maggiori, come fratture (Goldacre 2002) o lesioni cerebrali traumatiche (TBI) (Rubenstein 2002). Le cadute sono la causa più comune di TBI negli anziani e rappresentano anche il 46% di tutti i decessi correlati alle cadute nei pazienti con TBI (US Center for Disease 2010). Sebbene il tasso di fratture dell'anca in seguito a una caduta sia solo dell'1%, il 90% di tutte le fratture dell'anca è causato da una caduta (Goldacre 2002). Nel primo anno successivo ad una frattura dell'anca, il 25% dei pazienti anziani decede (Adelhafiz 2003), il 76% avrà un declino della motilità-locomozione (March 1999), il 50% avrà un declino della capacità di svolgere le attività della vita quotidiana (ADL) (Adelhafiz 2003) e il 22% si trasferirà in una casa di cura (March 1999). Tra gli anziani che cadono, circa la metà non è in grado di alzarsi e rimane a terra. Queste "lunghe cadute" portano a disidratazione, rabdomiolisi, piaghe da decubito e polmonite (Fleming 2008). Inoltre, molti anziani che cadono sviluppano anche una marcata paura di cadere e fino al 40% limita le proprie attività di vita quotidiana. Questo crea una spirale viziosa con ulteriori cali di forma fisica, isolamento sociale e depressione e, a sua volta, un aumento ulteriore del rischio di cadute (Zijlstra 2007).

Ambrose e collaboratori già in uno studio del 2013, affermavano che le cadute e le loro conseguenze sono responsabili di gran parte dei costi sanitari prevenibili. Negli Stati Uniti, i costi medici diretti totali per le lesioni da caduta tra gli anziani nel 2008 sono stati pari a 23,3 miliardi di dollari, mentre nel Regno Unito i costi legati alle cadute sono stati

pari a 1,6 miliardi di dollari (Davis 2010). Si prevede che queste spese si avvicineranno a 55 miliardi di dollari entro il 2020 con l'invecchiamento della popolazione a livello globale, aumentando il campione a rischio (US Centers for Disease Control and Prevention 2010). Inoltre, le cadute o gli eventi medici correlati alle cadute rappresentano il 40% dei ricoveri in case di cura e contribuiscono a un ulteriore aumento dei costi sanitari (Masud 2001). I costi nazionali legati alle cadute negli studi basati sulla prevalenza sono pari allo 0,85-1,5% della spesa sanitaria totale (Heinrich 2010).

2.2 Scopo del lavoro

Partendo dalle definizioni del rischio di caduta, lo scopo di questa tesi è di condurre una revisione sistematica della bibliografia in relazione ai fattori e alle metodologie di valutazione dello stesso e soprattutto agli effetti dell'esercizio fisico ai fini o meno di benefici rispetto alla perdita dell'equilibrio con conseguente caduta, con particolare riferimento alla fascia di età degli anziani. Viene anche condotto un esperimento pilota sull'utilizzo di esercizi di deambulazione eseguiti su un materassino di nuova generazione per l'attivazione dei meccanismi propriocettivi della pianta del piede.

3 MATERIALI E METODI

La raccolta delle fonti bibliografiche si è svolta seguendo due linee fondamentali: a) revisioni narrative su argomenti specifici già pubblicate e quindi riassumere gli aspetti più salienti degli stessi e metterne in luce eventuali differenze, b) ricerca di articoli originali su argomenti specifici onde sottoporli ai criteri di inclusione per le analisi tematiche di revisione e meta-analisi. Il comune denominatore di queste revisioni è comunque rappresentato dal metodo delle linee guida per la conduzione di una revisione sistematica denominato PRISMA (Preferred Reporting Items for Review and Meta-Analysis) (Moher 2009) come schematizzato in figura 3.1. Secondo queste linee guida gli studi che possono essere definitivamente inclusi nella revisione devono soddisfare alcuni criteri fondamentali riguardanti i tipici aspetti di un articolo scientifico e che sono brevemente riportati nella tabella 3.1.

Sono stati quindi visitati principalmente i seguenti database elettronici: Medline-NLM, Pubmed, Science Direct e SPORTDiscuss e tra tutti gli studi ricavati sono stati esaminati in prima linea quei lavori che hanno in comune l'approccio di revisione sistematica sulla tematica in questione, ma con diverse accentuazioni specifiche.

Tab. 3.1 Lista dei criteri necessari per l'inclusione di uno studio nell'analisi sistematica (Moher 2009)

Section/topic	Item No	Checklist Item	Reported on page No
Title			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both	
Abstract			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable, background, objectives, data sources, study eligibility criteria, participants, interventions, study appraisal and synthesis methods, results, limitations, conclusions and implications of key findings, systematic review registration number	
Introduction			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS)	
Methods			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (such as web address), and, if available, provide registration information including registration number	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (such as PICOS, length of follow-up) and report characteristics (such as years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale	
Information sources	7	Describe all information sources (such as databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated	
Study selection	9	State the process for selecting studies (that is, screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis)	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (such as piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (such as PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis	
Summary measures	13	State the principal summary measures (such as risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (such as I ² statistic) for each meta-analysis	
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (such as publication bias, selective reporting within studies)	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (such as sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified	
Results			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (such as study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome-level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present for each study (a) simple summary data for each intervention group and (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see item 15)	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (such as sensitivity or subgroup analyses, meta-regression) (see item 16)	
Discussion			
Summary of evidence	24	Summarise the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (such as health care providers, users, and policy makers)	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (such as risk of bias), and at review level (such as incomplete retrieval of identified research, reporting bias)	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research	
Funding			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (such as supply of data) and role of funders for the systematic review	

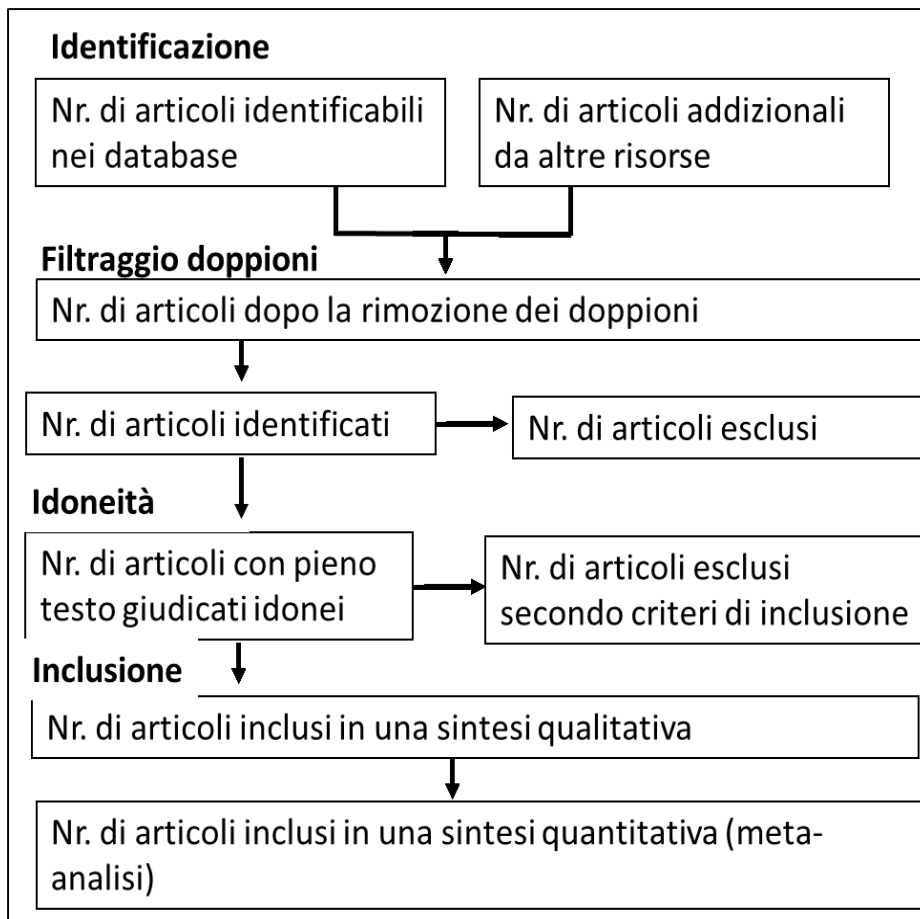


Fig. 3.1. Schema riassuntivo del diagramma di flusso per la selezione degli studi secondo le direttive della Preferred Reporting Items for Review and Meta-Analysis (PRISMA, Moher 2009)

4 RISULTATI EPIDEMIOLOGICI

In questa sessione sono esposti i risultati rispetto alla definizione del rischio di caduta, ai fattori di rischio e ai corrispondenti meccanismi, e alle metodologie di valutazione consolidate e in parte innovative.

4.1 Definizioni del rischio di caduta

La comunità medica e più propriamente sociale non sempre percepiscono le cadute in modo simile, soprattutto se non ci sono lesioni (Zecevic 2006). È dimostrato che il 75-80% di tutte le cadute senza lesioni non viene segnalato affatto (Fleming 2008). Anche gli studi retrospettivi possono soffrire di una sotto-segnalazione delle cadute. In uno studio prospettico su 304 pazienti ambulatoriali, Cummings et al. hanno riscontrato che tra il 13 e il 32% ha negato di aver avuto una caduta, a seconda di quanto tempo dopo l'evento sono stati interrogati; intervalli più lunghi erano associati a un minore ricordo (Cummings 1988). Per standardizzare gli sforzi clinici e di ricerca, il gruppo Prevention of Falls Network Europe (ProFANE) ha definito una caduta come "un evento inaspettato in cui il partecipante si trova a terra, sul pavimento o a un livello inferiore" (Lamb 2005). Una definizione simile è stata proposta nel 1987 dal gruppo di lavoro internazionale Kellogg (Gibson 1987) e successivamente dal Frailty and Injuries Cooperative Studies of Intervention Techniques (FICSIT) (Ory 1993, Buchner 1993). La maggior parte degli studi sulle cadute richiede che la caduta sia stata involontaria e che non sia stata causata da eventi estrinseci come un incidente stradale. In genere, le cadute che sono il risultato di un evento sincope o di un attacco cardiaco sono anche escluse dagli studi epidemiologici. Le differenze tra le definizioni di caduta e i metodi utilizzati (self-report, interviste agli informatori o diari di caduta) possono spiegare parzialmente alcune delle disparità tra i diversi studi.

Nonostante i primi tentativi di raggiungere una definizione condivisa di "caduta" (Anonymous 1987), in letteratura esistono ancora molte definizioni. È particolarmente impor-

tante che gli studi utilizzino una definizione chiara e semplice di caduta. Una dichiarazione di consenso internazionale dei ricercatori definisce la caduta come "un evento inaspettato in cui il soggetto coinvolto viene a trovarsi a terra, sul pavimento o a un livello inferiore" (Lamb 2005). La formulazione raccomandata quando si chiede ai partecipanti ad uno studio è: "Nell'ultimo mese, ha avuto una caduta, compreso uno scivolamento o un inciampo in cui ha perso l'equilibrio ed è atterrato sul pavimento, sul suolo o su un livello inferiore?"(Lamb 2005). Il termine "livello inferiore" si riferisce a una superficie più bassa della posizione di partenza della persona, per cui, ad esempio, la caduta da una posizione eretta a sedersi involontariamente su un letto sarebbe considerata una caduta. La definizione del rischio di caduta non sempre è univoca e nella tabella 4.1 vengono riportate alcune delle più rilevanti riscontrate nella bibliografia (Lima 2018).

Tab. 4.1 Definizione dei fenomeni di caduta nei corrispondenti studi (da Lima 2018)

Study	Definition of fall event	Fall ascertainment method
Brauer et al., 2000 [27]	"A fall was defined as any event that resulted in coming to rest inadvertently on the ground or another lower level." No reference	Falls calendar follow-up with envelopes to return monthly pages. If any fall occurred, the investigator telephoned for more information. Telephone contact at least twice in the follow-up period.
Boulgarides et al., 2003 [26]	"A fall was defined as any disturbance of balance during routine activities that resulted in a person's trunk, knee, or hand unintentionally coming to rest on the ground, wall, table, chair, or some other surface." No reference	Booklet contained a calendar for record falls. Follow-up contact by telephone or e-mail every 2 to 4 weeks.
Muir et al., 2008 [16] Muir et al., 2010 [31]	"A 'fall' was defined as the person coming to rest unintentionally on the floor or ground." No reference	Fall calendars monthly mail. If the calendar indicated a fall, participants were contacted by telephone.
Leclerc et al., 2009 [32]	"A fall was defined as an event resulting in the subject inadvertently coming to rest on the ground, floor, or other lower level. Excluded were sports-related falls." O'Loughlin JL, Robitaille Y, Boivin JF, Suissa S. Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. <i>Am J Epidemiol</i> 1993; 137(3): 342-54.	Falls calendar and monthly telephone questionnaire.
Kathiresan G., 2010 [28]	Uninformed	Booklet with a calendar for record falls. The physiotherapist who worked at the old age home monitor falls.
Wrisley et al., 2010 [33]	"Falls were defined as unintentionally coming in contact with any surface lower than the participant's height." Talbot LA, Musiol RJ, Witham EK, Metter EJ. Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults: perceived cause, environmental factors and injury. <i>BMC Public Health</i> . 2005; 5:86	Postage-paid fall calendar postcards. If calendars were not received participants were contacted. If a postcard indicated a fall, participants were contacted by telephone or e-mail for additional details.
Kelsey et al., 2010 [29] Kelsey et al., 2012 [30]	"A fall was defined as unintentionally coming to rest on the ground or other lower level." No reference	Fall calendar, returned monthly by mail. Participants with incomplete calendar or not returned were contacted by telephone. If a fall occurred a structured telephone interview was conducted.
Aoyama et al., 2011 [25]	"An unintentional change in body position resulting in contact with the ground or with another lower level, however, not as a result of a major intrinsic event (e.g. stroke, syncope) or an overwhelming hazard (e.g. car accident)." Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factor for falls among elderly persons living in the community. <i>N Engl J Med</i> 1988; 319: 1701-07.	Falls diary

4.2 Meccanismi implicati nella perdita dell'equilibrio e fattori rischio di caduta

Le cadute in genere non hanno un'unica causa. Come altre condizioni che diventano più comuni in età avanzata nella vita, tendono a derivare da diversi fattori (Pehlan 2001) derivanti a loro volta dall'interazione di cambiamenti legati all'età, condizioni mediche croniche e altre variabili individuali e ambientali (Inouye 2007). Le cadute hanno spesso effetti negativi sulla funzione e sulla qualità della vita e, come altre sindromi geriatriche, sono ampiamente prevenibili e non sono considerate parte del normale invecchiamento. I fattori di rischio per le cadute sono classificati come modificabili o non modificabili e come intrinseci (dipendenti dall'individuo) o estrinseci (ambientali) (Tinetti 1988) (Fig. 4.2.1). I fattori di rischio intrinseci sono cambiamenti legati all'età, condizioni croniche e comportamenti che limitano la capacità intrinseca di una persona di prevenire una caduta. Molte condizioni mediche aumentano il rischio di caduta e coprono una serie di sistemi di organi, tra cui quello cardiovascolare (p.e. ipotensione ortostatica), muscolo-scheletrico (ad esempio, artrite), neurologico (p.e. demenza, malattia di Parkinson, ictus) e urologico (p.e. incontinenza urinaria) (Tinetti 1988, Tinetti 2010). I fattori estrinseci comprendono gli elementi dell'ambiente circostante che rendono difficile l'orientamento della deambulazione (p.e. cavi nei passaggi, superfici ripide o irregolari, scarsa illuminazione), la mancanza o l'uso improprio di un dispositivo di assistenza, calzature inadeguate, farmaci, alcol o droghe (Lord 2006, Faulkner 2010). Le cadute sono spesso il risultato dell'interazione simultanea di diversi di questi fattori.

Intrinsic and Extrinsic Risk Factors for Falls	
Intrinsic	
Ocular:	Decreased visual acuity, macular degeneration, glaucoma, cataracts, reduced accommodation, reduced depth perception, vision loss, retinopathy
Cardiovascular:	Bradycardia, tachyarrhythmia, orthostatic hypotension, decompensated heart failure
Neurologic:	Cognitive impairment or dementia, Parkinson disease, cerebrovascular accident, other movement disorder, peripheral neuropathy, gait deficits and imbalance
Urologic:	Incontinence (any type), nocturia
Psychological:	Insomnia/sleep deprivation, depression
Musculoskeletal:	Osteoarthritis or inflammatory arthritis, pain, lower-extremity weakness, postural instability or imbalance, reduced flexibility
Extrinsic	
Medications:	Anticholinergics, antidepressants, antipsychotics, sedative-hypnotics, benzodiazepines, opiates, antihypertensives, α - and β -blockers, antiarrhythmics, use of more than 4 medications
Footwear:	Backless shoes and slippers; high heels; shoes lacking dorsum, arch, or heel supports; shoes with heavy soles or a narrow toe box
Environment:	Wet or slippery surfaces, lack of grab bars, uneven flooring, floor rugs, poor lighting, lack of handrails for steps, cords or other walkway hazards

Fig. 4.2.1. Fattori estrinseci ed intrinseci di rischio di caduta (da Pehlan 2018)

Circa la metà delle cadute provoca lesioni (Nevitt 1991) e il 10% provoca lesioni gravi (King 1995). La presenza di fattori predisponenti (caratteristiche individuali) e situazionali (circostanze della caduta) predice le persone a rischio di lesioni gravi, che comprendono fratture, lussazioni articolari, ematrosi e distorsioni gravi; lesioni alla testa con conseguente perdita di coscienza e ricovero in ospedale; lacerazioni che richiedono suture e lesioni interne che comportano il ricovero in ospedale o la riduzione dell'attività (Tinetti 1995). I fattori predisponenti includono il sesso femminile, il basso peso corporeo (BMI indice di massa corporea $< 22 \text{ kg/m}^2$) e il deterioramento cognitivo. I fattori situazionali includono la caduta sulle scale, l'attività di spostamento (spostamento del peso sul proprio centro di gravità, come quando si apre una porta o si raggiunge un armadio) o la caduta da un livello pari o superiore alla propria altezza (Tinetti 1995). Come per i fattori di rischio di caduta, ogni fattore predisponente o situazionale aumenta esponenzialmente il rischio di lesioni, dallo 0%-5% nelle persone senza fattori di rischio di lesioni al 23%-36% nelle persone con più di 2 fattori (Tinetti 1995).

La paura di cadere ha conseguenze psicologiche che aumentano il rischio complessivo di caduta e di declino funzionale (Liu 2015). Circa il 21-85% degli anziani che vivono in comunità e che sono caduti e il 33-46% di quelli che non sono caduti riferiscono di avere paura di cadere (Scheffer 2008). Alcuni fattori, come la difficoltà a utilizzare i mezzi di trasporto pubblici, il peggior stato di salute percepito, la difficoltà di equilibrio e l'incapacità di alzarsi da una sedia, caratterizzano le persone che possono essere a maggior rischio di paura di cadere e della morbilità ad essa associata (Kumar 2014). A livello funzionale, la paura di cadere è associata a cambiamenti posturali, riduzione della fiducia nell'equilibrio, evitamento delle attività e riduzione dell'esercizio fisico (Maki 1991, Yardley 2002). È anche un forte predittore di cadute future (Young 2015). Dal punto di vista psicologico, le persone che temono di cadere hanno una salute mentale peggiore, una minore indipendenza e una peggiore autostima (Vellas 1997). La paura di cadere porta a limitare le attività e accelera il declino funzionale. Riconoscere questa situazione può consentire ai terapeuti di incoraggiare i pazienti colpiti a impegnarsi nella prevenzione delle cadute con l'obiettivo di riacquistare la fiducia in se stessi e, infine, di tornare a svolgere le attività piacevoli in precedenza.

Lo studio di Martinez-Arau si propone di quantificare la paura della caduta (FoF: fear of fall) in una popolazione di anziani pre-fragili e fragili e di identificare i fattori protettivi e di rischio ad essa associati

La fragilità è caratterizzata da un declino nella funzionalità di più sistemi fisiologici, accompagnato da una maggiore vulnerabilità ai fattori di stress. La FoF aumenta nella popolazione fragile, mentre il rischio di sarcopenia aumenta negli anziani con pregressi di cadute. Questa associazione è più pronunciata nei soggetti con cadute ricorrenti, precedenti fratture correlate a cadute, elevata comorbilità e cadute; elevata comorbilità e politerapia; perdita della vista e dell'udito; e compromissione delle attività relazionali giornaliere (ADL: activities of daily living), delle attività strumentali giornaliere (IADL: instrumental activities of daily living), dell'andatura e dell'equilibrio. La FoF è anche correlata alla sfera emotiva, con un rischio maggiore nelle persone anziane con depressione.

Questo studio trasversale è stato condotto in centri di assistenza primaria e centri sociali per adulti anziani a La Ribera, Valencia, Spagna. Il reclutamento e la valutazione hanno coperto il periodo da agosto 2016 a dicembre 2016. I dati del censimento del 2016 stimano che questa regione abbia una popolazione di circa 220.676 abitanti, di cui circa il 15% ha almeno 70 anni. I criteri di inclusione erano i partecipanti di età pari o superiore a 70 anni che soddisfacevano almeno un criterio di fragilità e che erano in grado di camminare in modo indipendente (con la possibilità di dispositivi di assistenza alla deambulazione, ma escludendo l'aiuto di un'altra persona), e che venivano visitati abitualmente nei centri di assistenza primaria di La Ribera. I criteri di esclusione erano pazienti con processi patologici che indicavano un'aspettativa di vita inferiore a 6 mesi; persone con perdita totale dell'udito o della vista; partecipanti con gravi disturbi psichiatrici o deterioramento cognitivo da moderato a grave; e pazienti che rifiutavano la partecipazione o non firmavano il consenso informato.

Sono stati reclutati 432 anziani della comunità, ma 115 non soddisfacevano alcun criterio di fragilità, 56 hanno rifiutato di partecipare e 32 non hanno firmato il modulo di consenso informato. Il campione finale comprendeva quindi 229 partecipanti con età media di $77,8 \pm 4,9$ (70% donne).

Sono state eseguite valutazioni geriatriche complete in centri di assistenza primaria da quattro infermieri con almeno sei anni di esperienza in due programmi di prevenzione delle cadute legati all'attività fisica. Età, sesso, numero di farmaci giornalieri e comorbidità sono stati raccolti dalle cartelle cliniche elettroniche. I partecipanti hanno riferito oralmente il numero di cadute subite nei 12 mesi precedenti e gli operatori sanitari hanno estratto qualsiasi altro dato disponibile registrato dalle visite al pronto soccorso dopo una caduta. La caduta è stata definita come un evento che porta una persona a posarsi inavvertitamente sul terreno, sul pavimento o su un altro livello inferiore

Dopo aver selezionato i partecipanti in base alla valutazione della fragilità, sono stati raccolti dati sulla FoF (FES-I, $\alpha=0,96$ e $ICC=0,96$).²⁶ Questo strumento misura la "paura di cadere" o, più propriamente, le "preoccupazioni di cadere", che sono adatte all'uso nella ricerca e nella pratica clinica. Il FES-I è stato sviluppato nell'ambito del Prevention of Falls

Network Europe (ProFaNE), a seguito di un'intensa revisione dei questionari sulla FoF, sull'autoefficacia e sulla fiducia nell'equilibrio. La scala FES-I va da un punteggio minimo di 16 (nessuna preoccupazione di cadere) a un punteggio massimo di 64 (grave preoccupazione di cadere). I partecipanti sono stati classificati come soggetti con bassa (16-19 punti), moderata (20-27 punti) e alta (28-64 punti) preoccupazione di cadere.

Sono state altresì valutati altri parametri inerenti ad una valutazione differenziale dei fattori di importanza, essi si collocano nelle seguenti dimensioni: funzionalità della vita di relazione, situazione cognitiva, situazione emozionale, qualità della vita, attività fisica finalizzata. Sulla base di questi criteri, le variabili incluse nel modello sono state: età; sesso; numero di criteri di fragilità; modalità di vita (da soli o con qualcuno); criteri dicotomici di fragilità (lentezza, debolezza, scarsa attività fisica, esaurimento auto-riferito e perdita di peso non intenzionale); e variabili continue, tra cui la dinamometria della mano, il punteggio MMSE (mini mental state examination), il punteggio GDS (geriatric depression scale), il punteggio Barthel (10 items per valutare l'attività della vita di relazione), il punteggio Lawton (8 test di abilità in attività specifiche), il punteggio dell'indice EQ-5D (EuroQol 5dimensions per valutare la qualità della vita relativa alla salute) e il punteggio SPPB (batteria breve di test per la performance fisica).

Il punteggio medio della FoF sulla FES-I (Falls Efficacy Scale) è stato di $21,59 \pm 8,73$; il 48,9% (n = 112) aveva una bassa preoccupazione per le cadute (16-19 punti); il 38,9% (n = 89), una preoccupazione moderata (20-27); e il 12,2% (n = 28), una preoccupazione elevata (28-64 punti). La prevalenza di cadute auto-riferite è stata del 54,9% (n = 121), mentre il 38,8% (n = 89) ha registrato almeno una caduta nella propria storia clinica.

Sono state riscontrate differenze nella FES-I in base al sesso, allo stato di convivenza e alla fragilità (Fig. 4.2.2), con punteggi più elevati nelle donne rispetto agli uomini (22,66 vs 19,04, differenza media (DM) 3,61; $p = 0,004$), nelle persone che vivono da sole rispetto a quelle che vivono con i parenti (23,11 vs 20,89 punti, DM 2,23, $p = 0,049$) e in quelle che erano fragili rispetto a quelle che non lo erano (23,08 vs 19,44 punti, DM 3,65; $p < 0,001$). Inoltre, gli anziani che rispondevano ai criteri di lentezza (22,83 vs 19,89 punti; DM 2,95; $p = 0,005$) e di esaurimento auto-riferito (23,05 vs 20,05 punti, DM 2,99; $p = 0,008$) avevano

anche un FoF significativamente più alto rispetto alle loro controparti senza queste caratteristiche (Fig. 4.2.2). Altri criteri di fragilità non hanno prodotto differenze significative.

Characteristics of the sample.		
	n	Mean (SD)/%
Age	229	77.75 (4.86)
Gender		
Men	68	29.7%
Women	161	70.3%
Living arrangements		
Alone	75	32.8%
With relatives	154	67.3%
Frail phenotype		
Prefrail	94	41%
Frail	135	59%
Frailty criteria		
Slowness	132	57.6%
Weakness	194	84.7%
Low physical activity	168	73.4%
Self-reported exhaustion	117	51.1%
Unintentional weight loss	33	14.4%
Clinical		
Arterial hypertension	161	70.3%
Hyperlipidemia	97	42.9%
Diabetes mellitus	65	28.8%
Osteoporosis	66	29.2%
Previous fractures	32	14.0%
Orthostatic hypotension	29	12.7%
Depressive syndrome	99	43.6%
Daily drugs, number	229	5.05 (3.3)
BMI, kg/m ²	229	29.99 (4.55)
Functional		
Barthel Index, score 0–100	229	92.31 (12.12)
Lawton Index, score 0–8	229	7 (1.67)
Tinetti Index, score 0–28	228	22.16 (5.05)
SPPB, score 0–12	201	8.73 (3.04)
Baecke Index, score 0–20	194	6.35 (3.72)
Dynamometer, kg	229	17.75 (6.99)
Cognitive and emotional		
MMSE, score 0–24	229	24.9 (4.36)
GDS, score 0–15	229	2.83 (2.93)
Quality of life		
EQ-5D Index, score 0–1	229	0.72 (0.25)
EQ-ED VAS, score 0–100	228	71.9 (22.8)

EQ-5D: EuroQoL 5 dimensions; GDS: Geriatric Depression Scale; MMSE: Mini Mental State Examination; SD: standard deviation; SPPB: Short Physical Performance Battery; VAS: visual analog scale.

Fig. 4.2.2. Caratteristiche del campione in esame (da Martinez-Arnau 2021).

È stata analizzata la correlazione tra FoF e altre variabili quantitative. Le correlazioni più forti ($r > 0,4$) riguardano le scale Barthel e GDS, con una correlazione positiva tra FoF e depressione e una correlazione negativa tra FoF e indipendenza funzionale. Correlazioni negative di $r > 0,3$ sono state osservate per l'indipendenza dell'equilibrio e della deambulazione e per la qualità della vita, con correlazioni negative leggermente inferiori con l'indipendenza nelle IADL (attività strumentali della vita di relazione, Fig. 4.2.3). Pertanto,

la FoF è correlata all'età, al numero di criteri di fragilità, alla dipendenza nelle ADL (attività della vita di relazione), alla compromissione dell'equilibrio e della deambulazione, alla scarsa attività, al deterioramento cognitivo, ai sintomi depressivi e alla minore qualità della vita.

Table 2
Correlation between Falls Efficacy Scale International and continuous variables.

	r	p value
Age, years	0.138*	0.037
Previous falls, number	0.602	0.37
Frailty criteria, number	0.238**	<0.001
Fractures, number	-0.034	0.96
Daily drugs, number	0.009	0.89
BMI, score	0.083	0.21
Dynamometer, kg	-0.218*	0.001
Barthel score (0–100)	-0.453**	<0.001
Lawton score (0–8)	-0.284**	<0.001
Tinetti, score (0–28)	-0.356**	<0.001
SPPB, score (0–12)	-0.281**	<0.001
Baecke, score (0–20)	-0.155*	0.031
EQ-5D Index, score (0–1)	-0.386**	<0.001
EQ-5D VAS, score (0–100)	-0.356**	<0.001
MMSE, score (0–24)	-0.195	0.003
GDS, score (0–15)	0.434**	<0.001

BMI: Body Mass Index; EQ-5D: EuroQoL 5 dimensions; GDS: Geriatric Depression Scale; MMSE: Mini Mental State Examination; r: correlation; SPPB: Short Physical Performance Battery; VAS: visual analog scale. * significant at $p < 0.05$, **significant at $p < 0.001$.

Fig. 4.2.3. Correlazione tra la scala internazionale di efficacia delle cadute (FES-I) e alcune variabili (da Martinez-Arnau 2021).

Gli autori concludono quindi lo studio con i seguenti commenti. La FoF è presente nella popolazione anziana fragile che vive in comunità. Lo screening di questa paura durante le valutazioni geriatriche complete è giustificato nella popolazione fragile che vive in comunità. Questo, insieme a interventi preventivi per i sintomi depressivi e per il mantenimento e/o il miglioramento della funzionalità, dell'andatura e dell'equilibrio, potrebbe prevenire la FoF negli anziani fragili con queste caratteristiche di vita sociale.

Ambrose e collaboratori (2013) hanno condotto una revisione fornendo una breve sintesi e un aggiornamento della letteratura in materia, riassumendo i fattori di rischio demografici e modificabili. I principali fattori di rischio identificati sono la compromissione dell'equilibrio e dell'andatura, la politerapia e la storia di precedenti cadute. Altri fattori di rischio sono l'avanzare dell'età, il sesso femminile, i disturbi visivi, il declino cognitivo, in particolare l'attenzione e la disfunzione esecutiva, e i fattori ambientali (Fig. 4.2.4).

List of fall risk factors discussed in review.		
Intrinsic risk factors for falls	Demographic	Age Gender Race
	Systems	Gait and balance Strength Vision Cognition
	Symptoms/diseases	Dizziness/vertigo Cardiovascular disease Dementia Depression
	Medications	
Extrinsic risk factors for falls	Home	
	Footwear	

Fig. 4.2.4. Schema riassuntivo dei fattori di rischio di caduta (da Ambrose 2013)

Con riferimento specifico alle capacità fisiche gli autori mostrano che, in diverse revisioni, i disturbi dell'andatura e dell'equilibrio sono stati costantemente identificati come uno dei più forti fattori di rischio per le cadute (Tinetti 1988, Rubenstein 1994, Deandrea 2010). L'andatura negli anziani tende a essere più rigida e meno coordinata, con un controllo più scarso della postura. I riflessi di orientamento del corpo, la forza e il tono muscolare, la lunghezza e l'altezza del passo diminuiscono con l'invecchiamento e compromettono la capacità di evitare una caduta dopo un inciampo o una scivolata inaspettati (Jensen 2001). Gli anziani possono anche essere meno capaci di spostare il peso o di fare un passo rapido per evitare le cadute quando il loro equilibrio è perturbato. A causa di questa inefficace reazione al passo, hanno la tendenza a fare diversi piccoli passi instabili invece di un passo regolare (Wolfson 1986, McIlroy 1996). Dimostrano anche difficoltà nell'avviare reazioni del braccio per mantenere l'equilibrio o non riescono a recuperare rapidamente l'equilibrio dopo una perturbazione (Pavol 2002). Sebbene gli anziani sembrano fare più affidamento sulle reazioni del braccio rispetto ai giovani adulti, sono meno in grado di eseguire rapidamente le reazioni reach-to-grasp (Maki 2006). Queste difficoltà sembrano essere ancora più pronunciate nei soggetti con una storia di cadute (Chandler 1990). Sempre con riferimento ad una attività fisica fondamentale quale la locomozione, l'età avanzata era associata a una velocità di camminata auto-selezionata più lenta, a una minore lunghezza del passo e a una maggiore propensione all'atterraggio a piedi piatti (Ko 2009). Con l'età avanzata, il dispendio di lavoro meccanico generativo dell'anca (MWE)

per la rotazione della coscia era più basso intorno all'asse antero-posteriore (AP) (abduzione e adduzione dell'anca) durante l'appoggio e più alto intorno all'asse medio-laterale (ML) (estensione e flessione dell'anca) durante la fase finale dell'appoggio. Anche la MWE di assorbimento del ginocchio per la rotazione della tibia intorno all'asse AP (abduzione e adduzione del ginocchio), durante la fase iniziale della camminata, era più bassa con l'età. Questi modelli di andatura legati all'età possono rappresentare uno sforzo di compensazione per mantenere l'equilibrio e possono anche riflettere limitazioni della motilità-locomozione e aumentare il rischio di cadute (Ko 2009). Confrontando i pazienti anziani che erano caduti nei sei mesi precedenti con un gruppo corrispondente che non aveva subito cadute, il 57% dei caduti non era in grado di camminare alla velocità massima, aveva una lunghezza del passo inferiore, una minore oscillazione laterale e una minore flessione plantare della caviglia ed estensione dell'anca durante la spinta. Inoltre, i soggetti con cadute presentavano una maggiore variabilità delle misure cinematiche rispetto a quelli senza cadute (Barak 2006).

4.3 Metodologie di valutazione del rischio di caduta

Diversi sono i test per la valutazione delle capacità di equilibrio sia statico che dinamico utilizzati nella posturografia. Nella prassi clinica si sono consolidate alcune procedure che verranno esposte nel prosieguo e di cui sono altresì messi in luce i possibili sviluppi moderni.

Per la valutazione funzionale dell'equilibrio vengono utilizzate diverse scale, come il Performance Oriented Mobility Assessment (POMA, Tinetti 1986), il Balance Evaluation Systems Test (BESTest, Horak 2009), lo Short Physical Performance Battery (SPPB, Guralnik 1994) e la Berg Balance Scale (BBS, Berg 1989). Questi strumenti valutano diversi compiti di controllo posturale, tra cui le strategie sensoriali, la stabilità, l'allineamento posturale e gli aggiustamenti posturali anticipati. Tra questi strumenti, la BBS è ampiamente utilizzata (Neuls 2011) perché è veloce da applicare (15 minuti), richiede pochi materiali e comprende altri test, come l'ortostatismo su una gamba sola e il functional reach (estensione delle braccia e/ o del corpo da seduto o da ortostatismo; cambiamenti di postura). Berg e

collaboratori (1989) hanno sviluppato una batteria di compiti motori che rappresentano le tre dimensioni principali dell'equilibrio: mantenimento della postura eretta, aggiustamenti in relazione ai movimenti volontari, e reattività a fattori esterni di disturbo. Il lavoro è basato sulla verifica della validità e attendibilità della procedura valutativa di compiti motori specifici. In una prima fase sono stati identificati 38 pazienti geriatrici (73 anni età media) presentanti delle difficoltà di equilibrio con almeno una caduta nei due mesi precedenti. Nella seconda fase, da una lista di 38 test motori usualmente applicati in diversi contesti clinici sono stati selezionati 14 movimenti comuni alla vita di relazione di facile esecuzione e valutazione da parte degli operatori (fig. 4.3.1). La validazione dei test è stata condotta con i classici test statistici di attendibilità, validità e consistenza.

<i>Balance item</i>	<i>Frequency of scores</i>					<i>Total observations</i>
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	
A. Sitting unsupported					84	84
B. Change of position: sitting to standing	16	17	1	32	18	84
C. Change of position: standing to sitting	10	9	1	12	47	79*
D. Transfers	0	20	10	16	38	84
E. Standing unsupported	12	2	4	6	60	84
F. Standing with eyes closed	12	0	0	11	61	84
G. Standing with feet together	18	12	4	12	38	84
H. Tandem standing	28	14	13	24	5	84
I. Standing on one leg	35	28	7	4	10	84
J. Turning trunk (feet fixed)	23	4	20	16	21	84
K. Retrieving object from floor	21	0	0	14	49	84
L. Turning 360 degrees	30	0	30	2	22	84
M. Stool stepping	35	8	8	15	18	84
N. Reaching forward while standing	15	8	9	49	3	84

* Denotes five missing cases

Fig. 4.3.1. Compiti motori costituenti il test BBS e distribuzione del punteggio dei 14 test valutati da 6 terapisti indipendentemente (da Berg 1989)

Il punteggio minimo per ogni item varia tra 0 (incapacità di eseguire il compito) e 4 (capacità di eseguire il compito in modo indipendente), con un punteggio massimo totale di 56 punti.

I risultati evidenziano che il test mostra le caratteristiche di riproducibilità ed attendibilità per l'applicazione nella valutazione con pazienti anziani. La quantificazione della valutazione in forma di scala ordinale di punteggio facilita l'interpretazione dei dati e quindi è uno strumento efficace nella pratica clinica.

Recentemente questa metodologia (BBS) è stata sottoposta ad una revisione critica (Lima 2018) secondo la quale il test non sarebbe sufficiente per predire la caduta e non dovrebbe

essere utilizzato unicamente per la determinazione del rischio di caduta in soggetti anziani. Gli studi sono stati inclusi in base ai seguenti criteri: 1) studio prospettico di coorte o studio randomizzato controllato; 2) partecipanti di età pari o superiore a 60 anni reclutati in qualsiasi contesto (comunità, istituti geriatrici, case di cura, centri di riabilitazione e cliniche); 3) valutazione di follow-up delle cadute in 6 o 12 mesi; e 4) utilizzo della BBS (14 item) alla valutazione basale per predire cadute future o discriminare i pazienti che cadono da quelli che non cadono. Nella ricerca manuale ed elettronica sono stati trovati in totale 1047 studi. Quarantadue studi sono stati preselezionati per una lettura completa. Di questi, 32 studi sono stati esclusi e 10 articoli sono stati inclusi nella revisione sistematica (fig. 4.3.2).

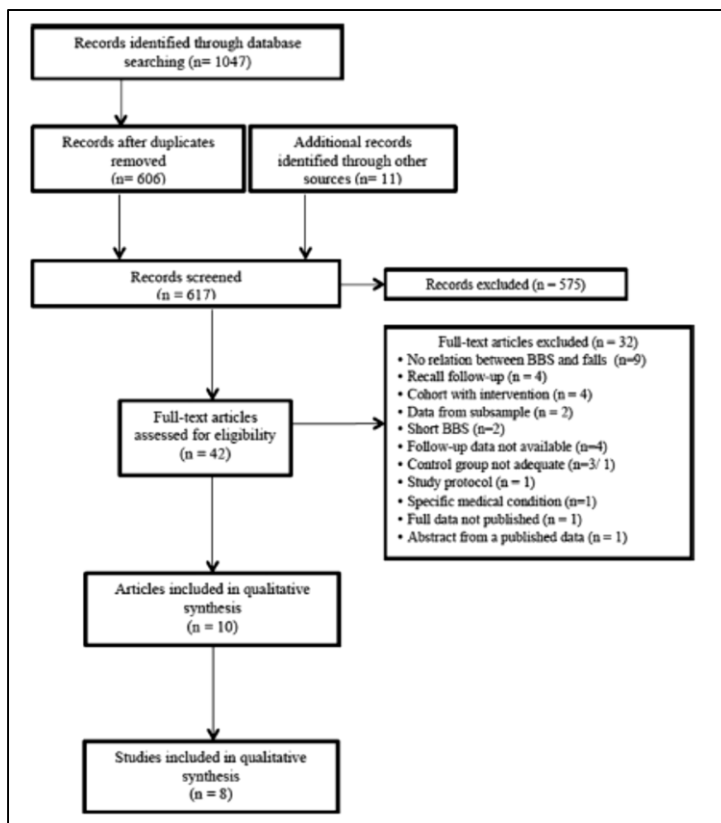


Fig. 4.3.2. Procedimento della selezione delle fonti (da Lima 2018)

I dati degli studi sono presentati in modo descrittivo e l'analisi critica è stata condotta sulla base delle caratteristiche metodologiche di ciascuno studio. La sintesi è stata suddivisa in base al periodo di follow-up di 6 o 12 mesi. Il totale dei soggetti coinvolti negli studi analizzati ammonta a 2161 soggetti.

In questa revisione, il punteggio medio della BBS per gli adulti più anziani è stato generalmente elevato, suggerendo l'esistenza di un effetto "saturazione" sulla scala. I dati normativi provenienti da persone che vivono in comunità intorno ai 70 anni, senza condizioni di salute che influenzano l'equilibrio, hanno mostrato questo effetto, suggerendo un punteggio BBS vicino al valore massimo possibile di 56 (Downs 2014). Il punteggio BBS può essere influenzato dalla dimensione del campione e dalle caratteristiche dello studio. I modelli di previsione con un numero ridotto di partecipanti hanno una maggiore probabilità di sottostimare o sovrastimare i risultati (Steyerberg 2001). È stato suggerito che gli studi di previsione dovrebbero includere almeno 100 partecipanti e che non dovrebbero essere suddivisi in gruppi composti da meno di 50 individui per l'analisi (Harrell 1996). Solo 3 studi (Muir 2008, Kelsey 2010, Leclerc 2009) in questa revisione avevano un campione di più di 100 partecipanti. Uno dei modi per classificare il campione in gruppi di rischio è quello di stabilire dei punteggi di cut-off (valore soglia) (Royston 2009). Il punteggio di cut-off è legato alla sensibilità della scala nel rilevare la percentuale di individui considerati veramente positivi (Donoghue 2009). Inizialmente, il punteggio di cut-off della BBS suggerito per il rischio di caduta era di 45 punti (Berg 1992). Tuttavia, questa misura è stata scelta arbitrariamente e nel corso degli anni sono emersi altri punteggi: 33 (Chiu 2003), 38 [Chiu 2003], 46 (Lajoie 2004), 47 (Chiu 2003), 49 (Shumway 1997), 50 (Lajoie 2004). Il punteggio medio della BBS determinato in questa revisione è stato di 51 per il follow-up a 12 mesi e di 44,5 per il follow-up a 6 mesi tra i soggetti caduti. L'elevato punteggio osservato negli studi qui recensiti indica che per gli anziani senza patologie specifiche, la BBS non è probabilmente l'opzione migliore per rilevare i problemi di equilibrio e il rischio di cadute. I diversi punteggi di cut-off utilizzati e la bassa sensibilità interferiscono con la capacità del clinico di decidere di utilizzare la BBS per la previsione delle cadute. A causa delle diverse forme di analisi dei risultati degli studi inclusi, non è stato possibile determinare un punteggio medio generale della BBS per la previsione delle cadute che possa discriminare chi cade da chi non cade. In alcuni studi, recuperati per questa revisione, gli anziani sono stati divisi in gruppi di caduti (una o più cadute) e

non caduti. I caduti ricorrenti sono, in genere, più fragili, hanno più comorbidità e presentano molteplici disfunzioni associate all'equilibrio e alla deambulazione (Newitt 1989). Pertanto, è importante definire questi gruppi durante le analisi, in caduti, caduti singoli e caduti ricorrenti. Questa suddivisione probabilmente favorisce punteggi di cut-off diversi.

È importante sottolineare che l'eziologia delle cadute è multifattoriale (ad esempio, problemi di equilibrio e di deambulazione, condizioni di salute multiple, fattori ambientali e comportamentali) e che nessun singolo fattore è in grado di predire da solo un evento così complesso. Pertanto, i medici che cercano di prevedere le cadute dovrebbero evitare di affidarsi a una singola misura, come la BBS, per assegnare il rischio di cadute negli anziani. Nel complesso, gli studi inclusi in questa revisione presentavano una buona qualità metodologica. Gli studi sono stati disegnati correttamente e hanno mostrato una buona misurazione dell'esito della caduta. Tuttavia, anche con un disegno e una misurazione adeguati delle variabili, gli studi non hanno considerato aspetti cruciali nell'analisi dei risultati, come le caratteristiche della popolazione che potrebbero aumentare il rischio di cadute future, la dimensione adeguata del campione e il sottogruppo.

Come conclusione generale gli autori affermano che, sebbene la BBS sia riconosciuta come uno strumento di valutazione funzionale dell'equilibrio, utilizzato anche per prevedere le cadute negli anziani nella pratica clinica e nella ricerca, in questa revisione sono stati trovati solo 8 studi retrospettivi. Idealmente, l'analisi predittiva o del rischio si ottiene attraverso studi di coorte. Questo tipo di studi risponde a domande relative alla prognosi, cioè alle informazioni riguardanti il decorso o il rischio futuro di verificarsi di un evento o di sviluppare una specifica malattia (Moons 2009).

Anche se gli studi inclusi in questa revisione presentavano un disegno adeguato, le prove a sostegno dell'uso della BBS come strumento di previsione delle cadute sono insufficienti e incoerenti.

Knobe e collaboratori (2020) mettono in luce che i test per la stima della motilità più comunemente utilizzati sono scale di valutazione come la POMA (Performance Oriented Mobility Assessment) di Tinetti (1986).

Le scale di valutazione utilizzano determinazioni categoriali soggettive per creare misure ordinali, possono richiedere molto tempo e sono soggette a problemi di affidabilità inter-soggettiva. Diverse versioni del test POMA sono state utilizzate da diversi studi e la sua correlazione con le cadute future non è sempre prevedibile (Kopke 2006, Singh 2015). Gli svantaggi della scala includono la difficoltà di valutare molti degli item su una scala a 3 punti e la sua scarsa specificità. Inoltre, nonostante sia ampiamente utilizzata in gerontologia, la sezione relativa all'andatura viene usata raramente (Yelnik 2008). Anche gli indici di performance oggettivi (ad esempio, il timed-up-and-go-test (TUG)) sono comunemente utilizzati. Il TUG utilizza la corrispondenza della misura temporale del cronometro invece delle scale di valutazione, rendendolo probabilmente il test più affidabile (Yelnik 2008, Panzer 2011). Queste misure continue consentono di quantificare gli intervalli o i rapporti e, quindi, di distinguere meglio le prestazioni (Panzer 2011). Tuttavia, compiti specifici o singoli test possono rappresentare una sfida limitata per gli individui ad alta efficienza fisica o includere elementi troppo difficili per gli anziani compromessi (Singh 2015). Per risolvere questi problemi, gli autori di questo studio, hanno sviluppato un indice di motilità-locomozione ed equilibrio (AMBI=Aachen Mobility and Balance Index) che comprende compiti che rappresentano appunto componenti della motilità e dell'equilibrio progressivamente più difficili.

L'utilizzo di compiti progressivamente complessi, tra cui l'equilibrio in piedi, l'equilibrio nel cammino, la velocità dell'andatura, il sit-to-stand, le rotazioni di 360 gradi e il più complesso TUG, offre la possibilità di evitare gli effetti soffitto e pavimento e di identificare i correlati specifici delle cadute per definire le persone a rischio. Inoltre, una ridotta forza muscolare è associata alle cadute, soprattutto negli adulti più anziani (AGS 2001). Una bassa forza della mano dominante (DHGS= low dominant hand-grip strength) è un forte fattore predittivo di disabilità e mortalità a lungo e breve termine. È stato evidenziato che il DHGS ha un'affidabilità da buona a eccellente negli adulti anziani e correla

con l'equilibrio statico nei pazienti geriatrici, e che è si dimostra un predittore indipendente del rischio fisiologico di caduta (Singh 2015). Alla luce di queste considerazioni, il DHGS è un parametro ragionevole per la stratificazione del rischio di caduta ed è stato incluso nell'indice di motilità ed equilibrio. Lo scopo di questo studio è stato quello di descrivere la capacità dell'AMBI di discriminare tra (1) anziani che vivono in comunità e controlli sani e (2) soggetti con disturbi dell'equilibrio (storia di cadute nell'ultimo anno) e soggetti senza tali disturbi. Inoltre, i punteggi POMA sono stati confrontati con i punteggi AMBI. È stata enfatizzata la sensibilità piuttosto che la specificità, in quanto l'obiettivo era quello di riconoscere i soggetti che necessitavano di un intervento piuttosto che di uno screening di quelli che non ne avevano bisogno. Nell'AMBI un punteggio alto corrisponde ad un alto livello di rischio di caduta.

Sono stati creati due gruppi, uno sperimentale (SG, n=24; 79,4 anni; BMI=25,9) con soggetti selezionati nell'ospedale locale che avevano superato i criteri classici di inclusione per uno questo tipo di studio e uno di controllo (CG, n=10; 26,7 anni; BMI=23,4). Nella figura 4.3.3 sono riportati i dati principali dei risultati.

La valutazione statistica ha riguardato le differenze nelle prestazioni dei compiti di motilità tra il gruppo di studio e il gruppo di controllo, tra chi cade e chi non cade, sulla base dei dati retrospettivi sulle cadute. Sono state calcolate le curve caratteristiche operative del ricevitore (ROC)¹ e le AUC e il confronto a coppie delle curve ROC è stato eseguito con l'analisi di Bland-Altman. La sensibilità e la specificità dei due tipi di test sono state quindi calcolate in riferimento ai punti di cut-off.

Il gruppo di controllo ha superato il gruppo di studio nei test standardizzati di motilità-locomozione ed equilibrio. L'AMBI medio (0,7 vs. 6,3 punti) e la Scala POMA di Tinetti (scala di andatura ed equilibrio inclusa; 28,0 vs. 22,2 punti) hanno mostrato risultati superiori per il gruppo di controllo ($p < 0,001$). Tuttavia, in termini di velocità dell'andatura e di rotazione a 360 gradi, non tutti i giovani partecipanti sono riusciti a raggiungere il valore ottimale (fig.4.3.3). Per quanto riguarda i potenziali effetti di genere, non sono

¹ ROC: La curva caratteristica operativa del ricevitore, o curva ROC, è un grafico che illustra la capacità diagnostica di un sistema classificatore binario al variare della sua soglia di discriminazione. **AUC** (Area sotto la curva ROC). L'AUC fornisce una misura aggregata delle prestazioni su tutte le possibili soglie di classificazione

emerse differenze tra i partecipanti di sesso femminile e maschile del SG o del CG nella valutazione dei punteggi AMBI e POMA. Tuttavia, le competenze motorie in termini di sit-to-stand-test (STS-5) sono risultate migliori nelle femmine rispetto ai maschi nella SG (9,3 vs. 12,4 s; $p = 0,012$), nonostante una minore forza di presa delle mani nelle femmine (17,9 vs. 23,1 kg; $p = 0,030$).

Table 1 Demographic data, including balance and mobility scales of the participants analyzed by groups

	Study group	Control group	<i>p</i>
Gender (<i>n</i>)			
Women	17	5	
Men	7	5	
Age ^a (years)	79.5 (66–93)	26.7 (21–32)	<0.001
BMI ^a (kg/m ²)	25.9 (17–30)	23.4 (20–27)	0.03
AMBI (points)	6.3 (0–11)	0.7 (0–2)	<0.001
Tandem stance	1.3 (0–2)	0 (0)	
Tandem walk	0.7 (0–1)	0 (0)	
Gait speed	1.2 (0–2)	0.2 (0–1)	
Sit-to-stand (STS-5)	0.5 (0–2)	0 (0)	
360 degree turn	1.2 (0–2)	0.5 (0–1)	
Timed-up-and-go-test (TUG)	0.7 (0–2)	0 (0)	
Dominant hand grip strength (DHGS)	0.8 (0–2)	0 (0)	
Tinetti POMA Scale (points)	22.2 (14–28)	28 (28)	<0.001
Tinetti gait (points)	9.4 (6–13)	13 (13)	<0.001
Initiation of gait	1.8 (0–2)	2 (2)	
Step height	1.4 (1–2)	2 (2)	
Step length	1.4 (1–2)	2 (2)	
Step symmetry	0.4 (0–1)	1 (1)	
Step continuity	1.7 (1–2)	2 (2)	
Path stability	1.4 (1–2)	2 (2)	
Trunk stability	0.8 (0–1)	1 (1)	
Step width	0.5 (0–2)	1 (1)	
Tinetti balance (points)	12.7 (7–15)	15 (15)	<0.001
Sitting balance	1 (1)	1 (1)	
Arising from chair	3.8 (3–4)	4 (4)	
Immediate standing balance	1.9 (0–2)	2 (2)	
Standing balance	1.5 (0–2)	2 (2)	
Balance with eyes closed	0.6 (0–1)	1 (1)	
360 degree turn	1.5 (1–2)	2 (2)	
Absorbing chest shocks (3 times)	1.6 (1–2)	2 (2)	
Sitting down	0.8 (0–1)	1 (1)	

^a Values are presented as mean and range

Fig. 4.3.3. Dati demografici e dei risultati riportati nei test dell'AMBI e del POMA suddivisi nei due gruppi: sperimentale (study group) e di controllo (control group) (da Knobe 2016)

In riferimento ai test di motilità e di equilibrio non sono emerse differenze tra chi cade e chi non cade. Sono state calcolate la sensibilità e la specificità con cui i due set di misurazione, l'AMBI e la Scala POMA, hanno identificato un gruppo di soggetti indicanti uno stato di caduta (fig. 4.3.4). Utilizzando un criterio di cut-off <20 punti, la Scala POMA di Tinetti ha mostrato una sensibilità di 0,45 e una specificità di 0,69 (AUC 0,598). L'AMBI ha mostrato una sensibilità di 0,64 e una specificità di 0,46 (AUC 0,570) considerando il miglior rapporto sensibilità/specificità usando un criterio di cut-off di >5 punti

Score	Faller	Non-faller	Total
Tinetti POMA of <20	5 ^A [a]	4 ^B [b]	9
Tinetti POMA of ≥20	6 ^C [c]	9 ^D [d]	15
Total	11	13	24
AMBI of >5	7 ^A [a]	7 ^B [b]	14
AMBI of ≤5	4 ^C [c]	6 ^D [d]	10
Total	11	13	24

Fig. 4.3.4. Confronto dei criteri di identificazione di rischio di caduta. Per il POMA il valore di cut-off è <20, per AMBI è > 5 e sono comparati con il criterio standard come riportato nel pregresso dei casi di caduta nel gruppo sperimentale (Panzer 2011). Le lettere in apice significano A) vero positivo, soggetti con un pregresso di cadute correttamente identificati come a rischio di caduta (RDC), B) falso positivo, soggetti non correttamente identificati come RDC, C) falso negativo, soggetti non correttamente identificati come non RDC, D) vero negativo, soggetti con nessun pregresso di cadute correttamente identificati come non RDC.

Lo studio ha così dimostrato una forte correlazione tra il POMA e il AMBI test con un'eccellente discriminazione tra gli anziani che vivono in comunità e un gruppo di controllo più giovane. Tuttavia, non sono emerse differenze in nessuna misura di motilità ed equilibrio tra i partecipanti con e senza storia di caduta. La scala POMA ha mostrato una moderata specificità ma una scarsa sensibilità, mentre l'AMBI una sensibilità migliore della specificità. Pur eliminando il criterio del "ricovero ospedaliero", è stato possibile individuare le cadute multiple utilizzando la Scala POMA di Tinetti con un significativo aumento della sensibilità e una specificità accettabile. Una forza bassa di presa della mano dominante è stata associata alla fragilità e a un alto tasso di ospedalizzazione nel passato.

La storia di cadute e le inabilità nell'andatura o nell'equilibrio sono preditori forti e affidabili di future cadute. Risulta altrettanto evidente che è improbabile che un singolo test di locomozione possa dimostrare di avere un'eccellente accuratezza predittiva, poiché è noto che le cause delle cadute sono multifattoriali, con diversi fattori non correlati alla locomozione.

Gli autori concludono quindi che in quest'ottica, l'introduzione della combinazione di mezzi valutativi rapidi per l'equilibrio e la locomozione con misurazioni quantitative continue, tra cui la forza della presa della mano, soddisfa i criteri per identificare l'esistenza o meno di un problema di equilibrio.

Lusardi e collaboratori hanno condotto uno studio di revisione e di meta-analisi sui metodi di determinazione del rischio di caduta usando l'approccio della probabilità post-test (PoTP= posttest probability) (Lusardi 2017). Gli scopi dello studio sono così riassumibili: in primo luogo, valutare la capacità predittiva delle domande anamnestiche, delle misure self-report e delle misure basate sulle prestazioni per valutare il rischio di caduta degli anziani che vivono in comunità, calcolando e confrontando i valori di probabilità post-test (PoTP) per i singoli test/misure. In secondo luogo, per esplorare l'utilità del PoTP cumulativo utilizzando i risultati dei test di più test/misure. Il confronto tra misure e il consolidamento dei risultati può aiutare i medici nella selezione delle misure e nel processo decisionale clinico sulla necessità di intervenire per prevenire le cadute. Inoltre, si forniscono informazioni sui casi in cui l'evidenza della capacità di una misura di prevedere le cadute è carente e necessita di ulteriori indagini.

La natura multifattoriale del rischio di caduta complica l'identificazione dei soggetti più a rischio (Delbaere 2010). Di conseguenza, gli strumenti di valutazione del rischio di caduta sono numerosi quanto i fattori che vi contribuiscono (fig. 4.3.5). Dato il numero di test e misure disponibili per la valutazione del rischio di caduta, come fanno i medici a selezionare lo strumento o gli strumenti "diagnostici" migliori per esaminare il rischio di caduta del loro cliente?

Per ricavare i dati sono stati visionate alcune banche dati preminenti sul tema. Per essere inclusi, gli studi dovevano utilizzare lo stato di caduta come variabile di esito o di classificazione, avere una dimensione del campione di almeno 30 adulti anziani ambulatoriali che vivevano in comunità (≥ 65 anni) e tenere traccia delle cadute per un minimo di 6 mesi.

Included*	Exclude*
<i>Measures used as search terms</i>	
Self-report measures Activity-Specific Balance Confidence (ABC) Barthel Index (BI) Center for Epidemiological Studies Depression Scale (CES-D) Fall Efficacy Scale International (FES-I) Geriatric Depression Scale (GDS) Medical Outcomes Study Short Form (SF-36) Mini-Mental State Evaluation (MMSE)	Self-report measures Dizziness Handicap Inventory (DHI) Fear Avoidance Beliefs Questionnaire Functional Gait Assessment Home and Community Environment Questionnaire History of Falls Questionnaire Lower Extremity Functional Scale Patient Specific Functional Scale Rivermead Mobility Index WHO Quality of Life-BREF (WHOQOL-BREF)
Performance-based measures 30-s sit to stand Berg Balance Scale (BBS) Dynamic gait index (DGI) 5 times sit-to-stand time (5TSTS) 1 time Sit-to-stand time (1TSTS) Fullerton Advanced Balance Scale (FAB) Functional Reach Distance (FR) Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA-Tinetti) Physical Performance Test (PPT) Romberg Test/Sharpened Romberg/Tandem Stance Self-selected walking speed/10-m walk (SSWS) Single-limb stance/one-leg stance/unipedal stance (SLS) Timed Up and Go (TUG)	Performance-based measures 2-min walk distance 6-min walk distance 360° Turn Test Balance Evaluation Systems (BEST) Test, mini Best Test Brunell Balance Assessment Test Canadian Occupational Performance Measure Continuous Scale Physical Functional Performance Test Fast Walking Speed (FWS) Functional Independence Measure (FIM) Four-Square Step Test (FSST) High-Level Mobility Assessment Tool Multidirectional Reach Test Push and Release Test Sensory Organization Test (SOT) Timed Backward Walk Walking while talking Test
<i>Additional measures derived from article review</i>	
History questions Age > 80 y (yes/no) Alcohol use (yes/no) Ambulatory assistive device (AD) use (yes/no) Dependence in activities of daily living (yes/no) History of previous falls (yes/no) Nocturia/urgency/incontinence (yes/no) Polypharmacy (yes/no) Psychoactive medication use (yes/no) Self-reported depression (yes/no) Self-Reported difficulty walking Self-reported fear of falling (yes/no) Self-reported imbalance (yes/no) Self-reported physical activity/exercise Self-reported health status Self-reported pain	Self-report measures Balance Efficacy Scale Community Balance and Mobility Scale Demura Fall Risk Assessment Fall Assessment and Intervention Record Falls Behavioral Scale for Old People Fall Risk Assessment Tool for Older People Fall Risk Assessment Tool Falls Assessment Risk and Management Tool Fall risk by exposure Fall Risk Questionnaire Fear of Falling Avoidance Questionnaire Gait Efficacy Scale Goal Attainment Scale Hauser Ambulation Index Hendrich II Fall Risk Model Home Falls and Accidents Screening Tool 21-item Fall Risk Index
Performance-based measures Ability to sit to stand without upper extremity support (yes/no) Alternate Step Test Half-turn test (# steps) Maximum step length Minimal chair height Modified Gait Abnormality Rating Scale (mGARS) Physiological Profile Assessment (PPA) Pick up 5 lb weight test Spring Scale Test 8-Stairs ascend/descend time Stride length Tandem walk (able/unable)	Lower extremity strength Melbourne Fall Risk Assessment Tool Morse Fall Scale Motor Fitness Scale Obstacle course Peninsula Health Fall Risk Assessment Tool Queensland Fall Risk Assessment Tool Short Physical Performance Battery St. Thomas Risk Assessment Tool (Strately) STEADI Stance and Swing (time and %) Gait cycle time Step Up Test Trail Walking Test
<small>*In order for a measure to be included in analysis, data extracted from research articles about the measure had to include number of participants who did/did not fall, the value of a threshold or cut score for the measure, and/or reported sensitivity and specificity values, such that posttest probability (PoTP) could be calculated. <small>*Sufficient information for calculation of PoTP. <small>*Insufficient information for CALCULATION of PoTP.</small></small></small>	

Fig. 4.3.5. Test/misure utilizzati come termini di ricerca e misure aggiuntive identificate durante la revisione degli articoli recuperati

Sono stati esclusi gli studi condotti in contesti di assistenza per acuti o a lungo termine e quelli che includevano partecipanti con condizioni cognitive o neuromuscolari significative correlate a un maggiore rischio di caduta. Le linee guida dell'Institute of Medicine per le revisioni sistematiche, quelle del PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) e il Cochrane Handbook of Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy sono state le risorse metodologiche per questa revisione sistematica e meta-analisi (fig. 4.3.6). Le ricerche su Medline/PubMED e Cumulative Index of Nursing and Allied Health (CINAHL) da gennaio 1990 a settembre 2013 hanno identificato 2294 abstracts relativi alla valutazione del rischio di caduta negli anziani che vivono in comunità. Come metodo per valutare la qualità metodologica e il rischio di bias degli studi recuperati è stato utilizzato il Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS) Critical Appraisal Tool (Whiting 2003) Il QUADAS è composto da 14 domande progettate per valutare la validità, il potenziale di bias (elementi distorsivi del campione statistico) e la solidità metodologica degli studi diagnostici. Gli item sono valutati come *sì*, *no*, *non sicuro* o *non applicabile*. Il punteggio totale del criterio è calcolato come: $100 \times (\text{numero di risposte affermative}) / (14 - \text{numero di risposte non applicabili})$. In questa revisione il rischio di caduta si basa sulla definizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS): la probabilità che si verifichi un evento indesiderato per la salute (ad esempio una futura caduta). Lo stato di caduta (prospettivamente o retrospettivamente) è stato il gold standard con cui sono state confrontate le varie misure dell'indice. Sulla base della bibliografia, un periodo di 6 mesi è stato ritenuto sufficiente per il verificarsi delle cadute. Prevedendo che il numero di studi prospettici sulla valutazione del rischio di caduta sarebbe stato esiguo, si è deciso di includere anche gli studi retrospettivi che hanno monitorato le cadute precedenti per un periodo di almeno 6 mesi.

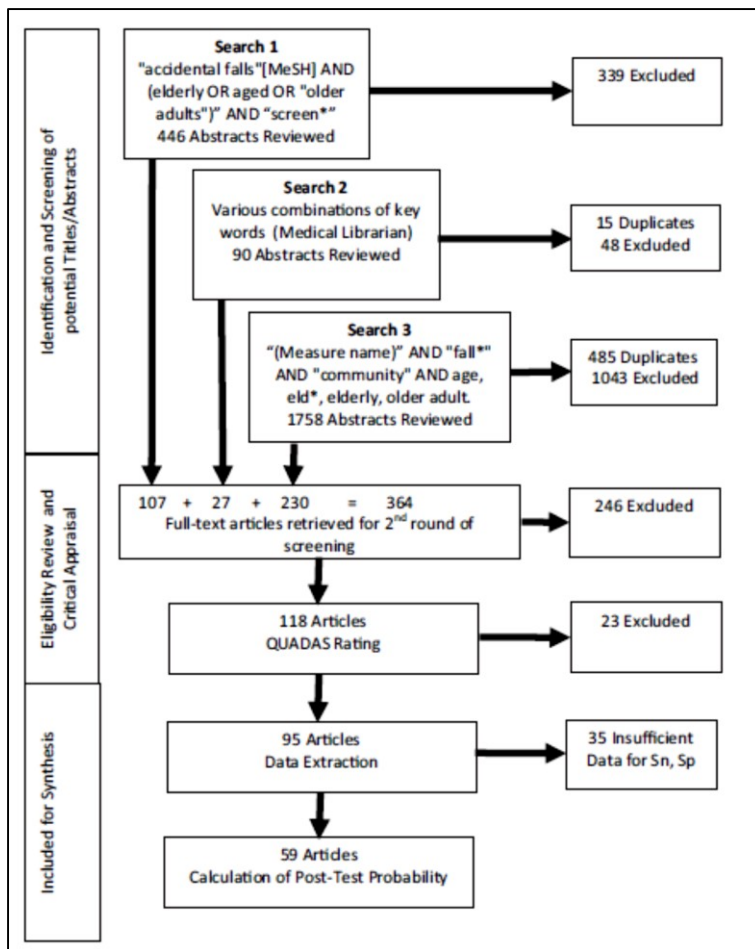


Fig. 4.3.6. Schema del procedimento di selezione degli studi secondo il metodo PRISMA. In totale sono stati esaminati 2294 abstracts; questi includevano 500 duplicati e 1430 che non soddisfacevano immediatamente i criteri di inclusione. Sono stati recuperati, esaminati e valutati 364 articoli full-text; altri 269 non soddisfacevano i criteri di inclusione. I dati sono stati estratti dai restanti 95 articoli; 57 di questi contenevano informazioni necessarie per il calcolo della probabilità post-test (da Lusardi 2017).

Nel calcolo della probabilità post-test (PoTP) di una misura diagnostica ricavata da un test è opportuno considerare la sua accuratezza calcolando la sensibilità (Sn) e la specificità (Sp). La Sn si calcola dividendo il numero di persone che sono cadute e che hanno avuto un risultato positivo al test per il numero totale di cadute: il tasso di positività reale del test. Una Sn elevata indica che il test identifica correttamente la maggior parte delle persone con la diagnosi; pertanto, un risultato negativo in un test con una Sn elevata aiuta a escludere la diagnosi. La Sp è calcolata dividendo il numero di persone che non sono cadute e che hanno un risultato negativo del test per il numero totale di persone che non sono cadute: il vero tasso negativo del test. Un elevato valore di Sp indica che il test identifica correttamente la maggior parte delle persone che non sono cadute; pertanto, un

risultato positivo su un test con un elevato Sp aiuta a identificare le persone con maggiori probabilità di caduta. Sono pochi i test o le misure che raggiungono valori elevati sia di Sn che di Sp. Questi indici sono poi utilizzati per calcolare i rapporti di probabilità positiva e negativa (+LR, -LR likelihood ratio) che indica quale sarebbe il risultato atteso del test nelle persone con la condizione di interesse (caduta) rispetto a quelle senza condizione (non caduta). Essi sono quindi utilizzati per calcolare i rapporti relativi di probabilità pre-test (PrTO) e post-test (PoTO) i cosiddetti odds che sono indicatori della robustezza nell'associazione tra il valore del test e l'effettivo evento (caduta).

Infine il calcolo del PoTP indica il grado di variazione nella certezza della diagnosi di un test in base ai rapporti di probabilità positiva e negativa (cioè i rapporti tra i veri positivi rispetto ai veri negativi e i falsi negativi rispetto ai veri negativi). Esso permette quindi di stabilire con quanta maggiore sicurezza un anziano paziente possa essere a rischio di caduta in futuro (valori che si avvicinano a 100, e viceversa verso lo 0).

La figura 4.3.7 riassume questi concetti e i valori degli stessi riscontrati negli studi di questa revisione. In essa viene riportato il valore massimo del PoTP per i tests positivi e quello minore per i test negativi.

Category	Measure	Cut Point	+LR	-LR	PoTP, % If +Test	PoTP, % If -Test
Medical history questions	Any previous falls	Yes/no	1.8	0.8	44	26
	Psychoactive medication	Yes/no	1.4	0.8	38	26
	Requiring any ADL assistance	Yes/no	1.4	0.8	38	26
	Self-report fear of falling	Yes/no	1.4	0.9	38	28
	Ambulatory assistive device use	Yes/no	1.3	0.9	36	26
Self-report measures	Geriatric Depression Scale-15	<6 points	1.9	0.9	45	28
	Falls Efficacy Scale International	>24 points	1.7	0.6	42	20
Performance-based functional measures	Berg Balance Scale	<50 points	3.4	0.7	59	23
	Timed Up and Go Test	>11 s	2.1	0.8	47	25
	Single-limb stance eyes open	<6.5 s	1.9	0.9	45	28
	Five Times Sit-to-Stand Test	>12 s	1.6	0.7	41	20
	Self-selected walking speed	<1.0 m/s	1.5	0.6	39	20

Abbreviations: +LR, positive likelihood ratio; -LR, negative likelihood ratio; PoTP, posttest probability; PrTP, pretest probability; +, test positive test result; -, test negative test result.
^aTo the extent that tests are independent (unrelated) the PoTP of 1 positive test can be used as a new PrTP for the next positive test, etc., to develop a cumulative individualized risk estimate. Because the degree of relationship among tests is not clearly understood at this time, this strategy may inflate the cumulative risk estimate. Online resources such as www.easycalculation.com/statistics/post-test-probability.php can assist clinicians in quickly determining cumulative PoTP risk values.

Fig. 4.3.7. Sommario degli indicatori di rischio di una o più cadute future basati su un una probabilità pre-test del 30% (PrTP) (da Lusardi 2017)

Sebbene nessuna singola domanda anamnestica sia emersa come un potente strumento diagnostico per identificare gli anziani a rischio di cadute future, le domande sulla storia

delle cadute, sulle difficoltà nelle ADL (activities of daily living= attività quotidiane della vita di relazione), sull'uso di un dispositivo ambulatoriale, sulla preoccupazione di cadere e sull'uso di farmaci psicoattivi, in combinazione, sono probabilmente utili per lo screening iniziale. Gli autori quindi indicano come un clinico possa calcolare il PoTP cumulativo, cioè quando più di un parametro di indagine mostra un risultato positivo del test a tal fine forniscono le seguenti informazioni-siti: www.medcalc.org/calc/diagnostic_test.php (Sn, Sp, e LR) ed altrettanto <https://www.easycalculation.com/statistics/post-test-probability.php> (valori di PoTP).

Nel prosieguo viene sviluppato un esempio pratico di calcolo cumulativo in base ad un paziente donna anziana che, nella fase anamnestica abbia riportato le seguenti condizioni: precedenti cadute, uso di sonniferi, necessità di assistenza per il bagno, paura di cadere e uso di un bastone per deambulare. Il risultato finale dimostra un aumento del rischio di 2,4 volte rispetto al valore originale di PrTP del 30%, e sosterrebbe la necessità di una valutazione più approfondita dell'equilibrio e del rischio di caduta.

In base all'analisi sul valore predittivo dei singoli test analizzati e sull'approccio di valutazione cumulativa gli autori traggono le seguenti conclusioni:

- Nessuna singola valutazione ricavata dai test self-report (autovalutazione) è emersa come un forte predittore di cadute future; tuttavia, l'aggiunta della Fall Efficacy Scale-I (FES-I) e della GDS-15 (Geriatric depression scale-15) come parte delle informazioni di ingresso per gli anziani che vivono in comunità può essere utile.
- I tests basati sulle prestazioni fisiche hanno dimostrato una maggiore capacità di predire le cadute future rispetto alle domande sull'anamnesi o alle misure self-report. Ai fini dello screening (in cui sono auspicabili tempi e attrezzature minimi), l'aggiunta di SLS (postura statica su un piede con occhi aperti) e SSWS (velocità del cammino scelta soggettivamente) alle domande sull'anamnesi può determinare meglio chi necessita di ulteriori esami.
- Per una valutazione più dettagliata del rischio, il BBS e il POMA contengono item simili, ma il BBS ha una gamma più ampia di punteggi possibili e un impatto più

sostanziale sulla PoTP; pertanto, il BBS sembra essere più utile del POMA nel determinare il rischio di cadute future. Sebbene la BBS, il TUG (tempo di alzarsi e camminare) e il 5TSTS (tempo di 5 ripetizioni di sollevarsi dalla sedia in posizione eretta) contengano tutti almeno un compito da seduti in piedi (e quindi non siano completamente indipendenti), non sono identici. La combinazione dei risultati dei test consentirebbe di identificare più chiaramente i soggetti che necessitano di un intervento, nonostante il rischio di una PoTP cumulativa inflazionata. Un punteggio BBS pari o inferiore a 50 punti (PoTP individuale = 59%) combinato con un tempo TUG pari o superiore a 12 secondi (PoTP cumulativo = 75%) e un tempo 5TSTS pari o superiore a 12 secondi (PoTP cumulativo = 83%) giustificerebbe l'avvio di un programma di riduzione del rischio.

Questa revisione sistematica ha identificato le domande di anamnesi, le misure self-report e le misure basate sulle prestazioni fisiche per le quali l'evidenza della capacità predittiva è più forte. Il calcolo della PoTP, assumendo una PrTP del 30% (sulla base delle evidenze epidemiologiche), ha permesso di confrontare la capacità predittiva di 56 misure. Di queste, 5 domande di anamnesi, 2 misure self-report e 5 misure funzionali sono supportate da 3 o più studi prospettici e retrospettivi di alta qualità (cfr. fig. 4.3.7).

La combinazione di 5 semplici domande anamnestiche con 2 misure basate sulle prestazioni di rapida attivazione motoria (ortostatismo con un solo arto < 6,5 secondi e velocità di deambulazione auto selezionata < 1,0 secondi) può essere un modo utile per identificare le persone che necessitano di un esame più approfondito dell'equilibrio. La combinazione di 3 misure di performance (punteggio BBS < 50 punti, tempo TUG > 11 secondi e 5 volte il test sit-to-stand > 12 secondi) offre non solo l'opportunità di identificare possibili fattori di rischio modificabili per informare l'intervento, ma anche i mezzi per quantificare la variazione del rischio (PoTP) dopo l'intervento. L'aggiunta di 2 misure self-report (Geriatric Depression Scale < 6 punti e Falls Efficacy Scale International > 24 punti) fornisce ulteriori informazioni sui fattori che contribuiscono al rischio di caduta nell'ambito di un esame e di una valutazione approfonditi.

5 RISULTATI PREVENZIONE

I risultati sono esposti in prima linea come narrative di revisioni su aspetti principali a cui vengono aggiunti altri studi che trattano aspetti particolari come per esempio l'effetto combinato di esercitazioni fisiche e di compiti cognitivi.

5.1 Linee guida mondiali per la prevenzione e la gestione delle cadute negli anziani: un'iniziativa globale (Montero-Odesso et al. WFG 2022)

In questa revisione un team di più di 50 esperti della materia appartenenti a molteplici istituzioni accademiche ed ospedaliere sparse in tutto il mondo hanno revisionato le linee guida attuali e cercato di aggiornarle con applicabilità a livello globale. Gli scopi principali si riassumono nei seguenti punti: Creare una serie di raccomandazioni per la prevenzione e la gestione delle cadute basate sull'evidenza e sul consenso degli esperti, applicabili agli adulti più anziani e utilizzabili da professionisti del settore sanitario e di altro tipo, che tengano conto di: (i) un approccio centrato sulla persona che includa le prospettive degli adulti più anziani con esperienza vissuta, dei caregiver (personale accudente) e di altre parti interessate; (ii) lacune nelle linee guida precedenti; (iii) recenti sviluppi nell'e-health (sanità informatica) e (iv) implementazione in luoghi con accesso limitato alle risorse, come i paesi a basso e medio reddito. La Task Force World Falls Guidelines (WFG) è stata creata a seguito di discussioni nel 2019 tra 14 esperti internazionali per valutare l'eventuale necessità di nuove linee guida sulla prevenzione delle cadute che riflettano le nuove evidenze e le sfide del servizio clinico

Metodi: E' stato costituito un comitato direttivo e un gruppo multidisciplinare mondiale di 96 esperti e stakeholder² con una rappresentanza di 36 società scientifiche e di geriatria-gerontologia. Utilizzando un processo di Delphi modificato, sono state esaminate e perfezionate le raccomandazioni di 11 gruppi di lavoro (WGs: gruppi di lavoro) specifici

² Stakeholder: tutti i soggetti, individui od organizzazioni, attivamente coinvolti in un progetto il cui interesse è negativamente o positivamente influenzato dal risultato dell'esecuzione, o dall'andamento, dell'iniziativa e la cui azione o reazione a sua volta influenza le fasi o il completamento del progetto

per argomento, 10 WG ad hoc e un WG che si occupava delle prospettive degli anziani. Le raccomandazioni finali sono state decise tramite votazione. Nella figura 5.1.1. è riportato un algoritmo di valutazione e gestione delle cadute, che collega la stratificazione del rischio, la valutazione e gli interventi, sulla base delle prove fornite dai gruppi di lavoro.

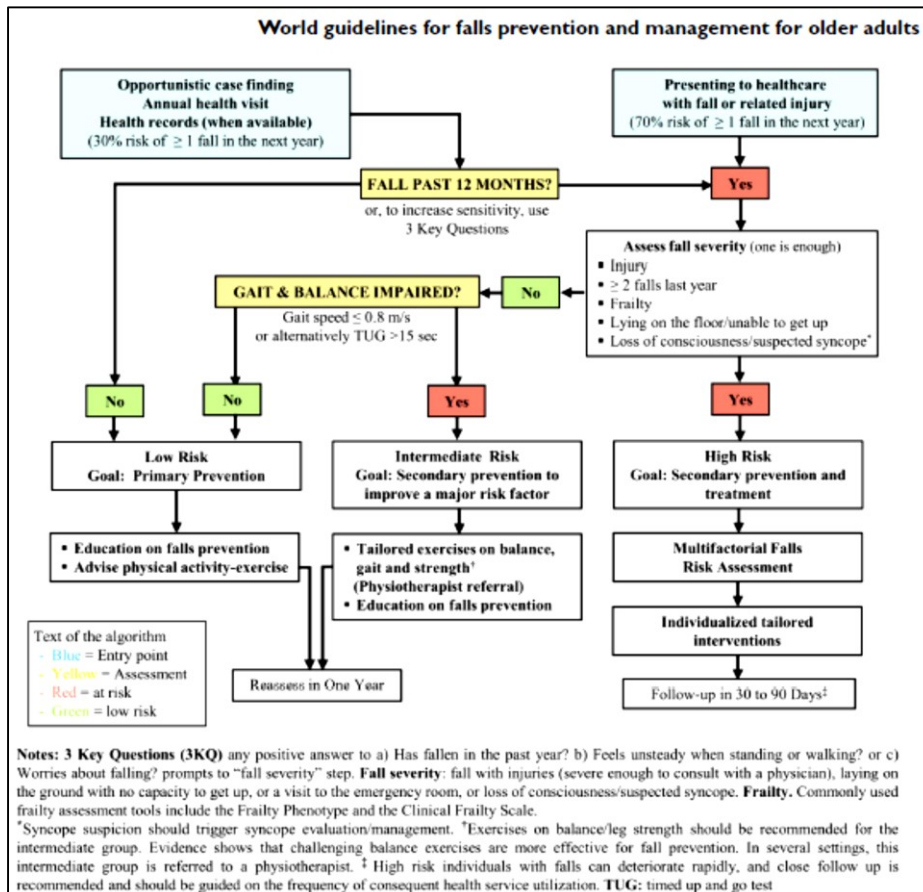


Fig. 5.1.1. Algoritmo per la stratificazione del rischio di caduta, la valutazione e gli interventi per adulti anziani che vivono in una comunità (da Montero-Odesso WFG 2022)

Gli studi osservazionali recenti hanno chiarito come identificare i livelli di rischio tra le popolazioni residenti nella comunità e quelle cliniche (Ganz 2020, Lusardi 2017, Mirelman 2012). Gli studi meccanicistici ed epidemiologici hanno migliorato la comprensione delle cadute negli anziani con decadimento cognitivo (Mirelman 2012, Montero-Odasso 2018). I potenziali ruoli dell'e-health (servizi informatici per la salute), compresi i dispositivi indossabili, le applicazioni di realtà virtuale e i dispositivi di monitoraggio ambientale (Robinovitch 2013, Bahangu 2016), non sono stati considerati in precedenza dalle raccomandazioni delle linee guida.

Le cadute sono più comuni tra gli anziani in ambienti clinici, come ospedali, unità di riabilitazione, ambienti di vita assistita e case di cura. I fattori di rischio in questi contesti e il consenso su come affrontarli non erano ben presenti nelle linee guida precedenti di pratica clinica (2019), ma sono ora disponibili evidenze specifiche per questi contesti su cui basare le raccomandazioni.

Innanzitutto va precisato la definizione scelta per la caduta: *una caduta è un evento che porta una persona a posarsi inavvertitamente sul pavimento o su un altro livello inferiore. Le cadute, gli inciampi e le scivolate possono verificarsi su un livello diverso dall'altro* (WHO 2021). Per la valutazione dei meccanismi e dei rischi di caduta gli autori evidenziano che una valutazione finalizzata alla progettazione di un intervento con l'anziano richiede un approccio ampio, come esemplificato dal CGA (comprehensive geriatric assesement= valutazione geriatrica multifattoriale). Le raccomandazioni proposte quindi (basate sulle revisioni del WG) descrivono le valutazioni necessarie per identificare i fattori di rischio di caduta modificabili. Nella figura 5.1.2 è fornita una panoramica dei potenziali approcci per la valutazione di un certo numero di fattori di rischio di caduta modificabili a livello individuale.

Risultati. Queste linee guida evidenziano 12 gruppi di valutazioni e raccomandazioni a seconda degli aspetti di eziopatogenesi e di tipologia possibile di intervento. Il gruppo di lavoro WG4 si è appunto interessato degli effetti dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute e delle patologie correlate. Nella figura 5.1.3 sono riassunte gli aspetti principali di questa analisi. La classificazione delle raccomandazioni è presentata in base alla forza (da 1 forte a 2 debole-condizionata) e alla qualità delle prove che vi contribuiscono (da A a C, da alta a bassa), utilizzando una versione modificata del Grading of Recommendations, Assessment, and Evaluation (GRADE), ampiamente utilizzato. Questo GRADE modificato si basa sul sistema originale, dove i numeri sono usati per indicare la forza della raccomandazione. Nel caso in cui le prove fossero carenti, ma la raccomandazione fosse considerata necessaria, questo sistema modificato ha permesso di classificare la raccomandazione come "E" (raccomandazione di consenso degli esperti) Nella figura. 5.1.4 sono riassunti i criteri e i significati della scala GRADE.

Domains for assessment	Fall risk factor	Measurement/approach
Mobility	Balance	Screen for balance disorders for example by Tandem Stand, One Leg stand. If indicated, perform full assessment in structured manner, for example by Berg Balance Scale, Tinetti test, POMA (subscale balance), Mini-BEST test. Consider referral to physiotherapist.
	Gait	Assess both qualitatively and quantitatively using 4-m walking length (<0.8 m/s), POMA (subscale gait), Dual Task test, Functional Gait Assessment. Screen for mobility problems using a structured approach for example by Short Physical Performance Battery (SPPB), Timed Up and Go (TUG), Get Up and Go including qualitative assessment).
	Muscle strength	Screen quantitatively using for example CST or handgrip strength. If indicated assess structurally specific muscle groups (MRC-scale)
	Walking aid	If applicable, assess for appropriateness and proper use of walking aid including potential mechanical deficits.
	Footwear and foot problems	Screen for potential inappropriate footwear (including bare footedness) Assess for potential foot problems. Consider referral to podiatrist.
	Fear of falling	Assess Fear of (concerns about) Falling, preferably in structured manner, for example by Falls Efficacy Scale (FES-I) or short FES-I. If indicated: assess for anxiety disorder, preferably by HADS. Consider referral to specialist.
	Sensory function	Dizziness/vestibular
Vision		Assess subjective vision problems (history taking). Objective assessment of visual problems and acuity and appropriate use of glasses (including check multi-/bifocal glasses) If indicated, refer to ophthalmologist or optometrist
Hearing		Assess subjective hearing problems (history taking). Objective assessment of hearing problems. If indicated, refer to audiologist or ENT/ORL specialist.
Activities of daily living	Functional ability	Assess Activities of Daily Living (ADL) and Instrumental Activities of Daily Living (IADL) in structured manner, preferably by modified Katz (community dwellers) or NEADL or Barthel (personal care, also suitable for care home residents)
Cognitive function	Cognition	Screen for cognitive disorders including executive functioning for example by using clock drawing test or Montreal Cognitive Assessment (MoCA) or Trail Making Test Part B (TMT-B). If indicated, further assessment and additional testing, e.g. full neuropsychological test battery.
	Delirium	Assess presence of delirium, preferably structured by, e.g. 4AT Delirium Assessment Tool (4AT), Delirium Observation Screening Scale (DOS) or Confusion assessment method (CAM), with clinical judgement.
Autonomic function	Behaviour	Assess behaviour, preferably structured.
	Orthostatic Hypotension	Measure blood pressure first supine (after minimum of 5 minutes of bed rest) and repeatedly upon standing. Preferably continuously, or alternatively at 1 minute intervals up to minimal 3 minutes and optimally 5 minutes, check for symptom recognition.
Disease history	Urinary incontinence	Assess with the 3IQ screening test. Additional testing and/or referral to urologist/gynaecologist.
	Cardiovascular disorders	Assess by focused history taking about cardiovascular symptoms, history of cardiovascular disease, focused cardiovascular physical examination, measurement of orthostatic hypotension (see below for details), 12-lead surface electrocardiogram. If indicated, further assessment (may include tilt table testing including carotid sinus massage, ambulatory rhythm monitoring and/or blood pressure monitoring). Consider referral to cardiologist or syncope specialist.
	Contributing diseases/atypical disease presentation	Perform a clinical geriatric assessment (history taking, physical examination, laboratory measurements, additional testing when indicated) with specific attention towards diabetes mellitus, osteoarthritis, neurological disorders including PD, polyneuropathy and stroke, cardiovascular diseases (see above), cognition (see above), depressive disorders (see below), delirium, anaemia, electrolyte disorders, thyroid disease, frailty, sarcopenia and fracture risk (osteoporosis). Assess for potential atypical disease presentation of acute conditions such as pneumonia, especially in acute care setting.
	Parkinson Disease	Assess mobility problems (gait and balance control, strength, see above) including FOG, cognition including dual tasking (DT) (see above) and orthostatic hypotension (see above).
	Depressive disorders	Screen for depressive disorder (minimally 2 screening questions) for example by Geriatric Depression Scale (GDS). Consider referral to specialist.
Medication history	Medication	Perform a structured medication review that entails considering deprescribing of psychotropic, cardiovascular and other FRIDs, for example by applying STOPPFall or STEADI instrument.
Nutrition history	Nutritional status	Screen for malnutrition for example by MNA, Malnutrition Universal Screening Tool (MUST), Malnutrition Screening Tool (MST); for obesity; for sarcopenia (including sarcopenic obesity); for vitamin deficiencies (vitamin D see below; vitamin B1, B12, folic acid) and for substance abuse as well as light-moderate alcohol use.
	Vitamin D	Assess vitamin D status in community dwellers based on local guidelines. If at high risk for deficiency (care home residents, home bound) measurement is not indicated as standard supplementation applies.
Environmental risk	Environment	Recommended assessment tools for hazards are Westmead Home Safety Assessment and the Falls Behavioural Scale for the Older Person. In LMIC non-occupational therapists and self-administered home hazard assessment checklists are available

Fig. 5.1.2. Mezzi potenziali ed approcci per la valutazione multifattoriale del rischio di caduta (Montero-Odesso WFG 2022)

Gruppo	Ambito	Raccomandazioni	GRADE
WG 4 Exercise Intervention Interventions for Prevention of Falls and Related Injuries	Exercise	We recommend exercise programmes for fall prevention for community-dwelling older adults which include balance challenging and functional exercises (e.g. sit-to-stand, stepping), with sessions three times or more weekly which are individualised, progressed in intensity for at least 12 weeks and continued longer for greater effect.	1A
	Exercise	We recommend inclusion, when feasible, of Tai Chi and/or additional individualised progressive resistance strength training.	1B
	Exercise	We recommend individualised supervised exercise as a falls prevention strategy for adults living in long-term care settings.	1B
	Exercise	We recommend that adults with PD at an early to mid-stage and with mild or no cognitive impairment are offered individualised exercise programmes including balance and resistant training exercise	1A
	Exercise	We conditionally recommend that adults after a stroke participate in individualised exercise aimed at improving balance/strength/walking to prevent falls	2C
	Exercise	We recommend that adults after sustaining a hip fracture participate in individualised and progressive exercise aimed at improving mobility (i.e. standing up, balance, walking, climbing stairs) as a fall prevention strategy.	1B
	Exercise	We conditionally recommend that such programmes after a hip fracture be commenced as in-patients and be continued in the community.	2C (In-patients) & 1A (Community)
	Exercise	We recommend that community-dwelling adults with cognitive impairment (mild cognitive impairment and mild to moderate dementia) participate in exercise to prevent falls, if willing and able to do so.	1B

Fig. 5.1.3. Tabella riassuntiva delle tipologie di esercizio fisico e della loro somministrazione nella prevenzione delle cadute. GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, and Evaluation) è il punteggio di valutazione relativo (da Montero-Odeso WFG 2022)

Strength of Recommendation	1	Strong: benefits clearly outweigh undesirable effects
	2	Weak or conditional: either lower quality evidence or desirable and undesirable effects are more closely balanced
Quality of evidence	A	High: 'further research is unlikely to change confidence in the estimate of effect'
	B	Intermediate: 'further research is likely to have an important impact on the confidence in the estimate of effect and may change the estimate'
	C	Low: 'further research is very likely to have an important impact on the confidence in the estimate of effect and is likely to change the estimate'
No evidence Available	E	Experts: 'When the review of the evidence failed to identify any quality studies meeting standards set or evidence was not available, recommendations were formulated expert consensus'

Fig. 5.1.4. Descrizione della scala di valutazione GRADE modificata (da Montero-Odeso WFG 2022)

Forte raccomandazione 1. I programmi di esercizi per la prevenzione delle cadute per gli anziani che vivono in comunità, che includono esercizi di equilibrio e funzionali (ad esempio, sit-to-stand, step), dovrebbero essere proposti con sessioni per più volte alla settimana, che siano individualizzate, progredite nell'intensità per almeno 12 settimane e continuate più a lungo per un effetto prolungato (GRADE:1A).

Forte raccomandazione 2. Includere, quando possibile, il TaiChi e/o un ulteriore allenamento di forza progressivo e individualizzato (GRADO:1B).

Per meglio comprendere ed applicare queste raccomandazioni vengono forniti i seguenti dettagli:

1. La prima raccomandazione si applica a tutti gli anziani, indipendentemente dal rischio di caduta valutato o dall'età.
2. Raccomandiamo programmi che includano esercizi di equilibrio e funzionali (ad esempio, sit-to-stand, step) GRADE: 1A, programmi che includano esercizi multicomponente (cioè più tipi di esercizio), più comunemente esercizi di equilibrio e funzionali con esercizi di forza: GRADO 1B, e Tai Chi: GRADO: 1B.
3. I programmi di esercizio che devono avere un'intensità e una durata sufficienti devono essere eseguiti in modo da garantire la sicurezza e tenere conto delle capacità funzionali.
4. I programmi di esercizio possono essere svolti in gruppo o individualmente.
5. I programmi di esercizio devono essere eseguiti da professionisti adeguatamente formati, in grado di adattare gli esercizi in base allo stato funzionale e alle co-morbidità. Questi professionisti potrebbero essere fisioterapisti, fisiologi dell'esercizio o chinesio- logi, istruttori di esercizio addestrati o altri professionisti della salute. Riconosciamo che questo sarà difficile in alcuni contesti, ma notiamo che la stragrande maggioranza degli interventi che si sono dimostrati efficaci negli studi ha utilizzato operatori qualificati.
6. Per i notevoli altri benefici per la salute, gli anziani dovrebbero mirare a partecipare a 150-300 minuti alla settimana di attività fisica di intensità moderata o 75-150 minuti alla settimana di attività fisica di intensità vigorosa e intraprendere esercizi di resistenza. Si raccomanda che l'attività fisica multicomponente e varia, mirata all'equilibrio funzionale e alla forza per tre giorni alla settimana, faccia parte dell'attività fisica settimanale al fine di migliorare la capacità funzionale e prevenire le cadute (WHO 2020).

7. L'aumento dell'attività fisica al di fuori delle sessioni di esercizi per la prevenzione delle cadute deve essere incoraggiato e monitorato. È improbabile che la sola attività fisica generale (ad esempio, camminare per fare delle commissioni) sia in grado di prevenire le cadute.

8. L'adozione e l'adesione agli interventi di esercizio e all'aumento dell'attività fisica abituale può essere favorita da approcci di cambiamento del comportamento come il coaching, la supervisione, l'attività di gruppo e il materiale educativo.

9. I benefici dell'esercizio fisico si perdono quando si smette di praticarlo, per cui è importante la possibilità di continuare con un'attività adeguata al termine del programma.

10. Livelli di supervisione più elevati o gruppi più piccoli sono raccomandati per le persone a maggior rischio di caduta, comprese le persone fragili. Le controindicazioni all'esercizio fisico devono essere prese in considerazione quando si stabilisce se un programma di esercizio fisico è appropriato per l'individuo

In modo analogo e con indicazioni comparabili sono considerati i seguenti sottogruppi:

- Esercizi con supervisione per anziani che vivono sotto costante assistenza da molto tempo (GRADE 1B).
- Agli adulti con malattia di Parkinson in fase iniziale o intermedia e con decadimento cognitivo lieve o assente vengono offerti programmi di esercizio personalizzati che comprendono esercizi di equilibrio e di resistenza (GRADE 1A)
- Agli anziani dopo un ictus una partecipazione condizionata a programmi di esercizio fisico individualizzati volti a migliorare l'equilibrio/la forza/la deambulazione per prevenire le cadute (GRADE 2C).
- Agli anziani con postumi da frattura dell'anca dovrebbe essere proposto un esercizio individualizzato e progressivo volto a migliorare la mobilità (cioè alzarsi in piedi, equilibrio, camminare, salire le scale) come strategia di prevenzione delle cadute (GRADE 1B).
- Agli anziani che vivono in comunità e che presentano un deterioramento cognitivo (deterioramento cognitivo lieve e demenza lieve-moderata) un programma di esercizio fisico per prevenire le cadute (GRADE 1B).

Conclusioni: Nel gruppo principale degli anziani che convivono in comunità la qualità delle analisi di verifica statistica a favore dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute negli anziani che vivono in comunità è elevata. L'analisi dei sottogruppi suggerisce che l'esercizio fisico è altrettanto benefico sia per le persone a rischio più elevato che per quelle a rischio più basso. Tuttavia, la maggior parte dei partecipanti agli studi era costituita da donne bianche, per cui le prove sull'adozione, l'aderenza e l'efficacia nei maschi e nelle persone con background culturali e linguistici diversi e nei Paesi a basso e medio reddito sono più limitate. Le tre forme di esercizio più convincenti (erogate come programmi di gruppo o a domicilio) sono quelle classificate come allenamento funzionale e dell'equilibrio, Tai Chi o esercizio multicomponente (programmi che prevedono più tipi di esercizio, di solito esercizio funzionale e dell'equilibrio più esercizi di forza). I programmi efficaci sono in genere svolti tre volte alla settimana per almeno 2 ore (per un totale settimanale). Tutti gli interventi efficaci sono stati supervisionati da personale qualificato. I benefici dell'esercizio fisico cessano quando i programmi vengono interrotti e il rischio di una persona torna al livello di base, quindi è importante anche incoraggiare i cambiamenti nel comportamento di attività fisica al di là delle sessioni del programma e le opportunità di continuare a svolgere un'attività adeguata dopo la cessazione del programma.

A conclusione del lavoro gli autori danno le seguenti informazioni operative: i risultati e le raccomandazioni sono accessibili attraverso il sito web (www.worldfallsguidelines.com), che fornisce numerosi link a risorse e kit di strumenti suggeriti per facilitare l'implementazione in diversi scenari, con alberi decisionali e strumenti di accompagnamento.

5.2 Evidenze sull'attività fisica e la prevenzione delle cadute per le persone di età superiore ai 65 anni: revisione sistematica per informare le linee guida dell'OMS sull'attività fisica e il comportamento sedentario (Sherrington et al. 2020)

Gli interventi di esercizio fisico sono efficaci quando vengono erogati in un contesto di gruppo o su base individuale. I programmi a multicomponente che mirano sia alla forza che all'equilibrio (Gillespie 2012) e i programmi che includono l'allenamento dell'equilibrio sembrano essere particolarmente efficaci (Sherrington 2017).

Questa revisione sistematica è stata intrapresa per informare le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità sull'attività fisica e il comportamento sedentario (WHO 2020) e ha comportato un aggiornamento della revisione Cochrane di studi randomizzati e controllati pubblicata in precedenza (Sherrington 2019) in cui si è confermato un livello di elevata certezza che gli interventi di esercizio fisico riducono il tasso di cadute del 23% negli anziani che vivono in comunità rispetto ai controlli (rate ratio (RaR: tasso di incidenza) 0,77; 12.981 partecipanti, 59 studi). Questo aggiornamento si concentra sull'esito primario della revisione, cioè il tasso di cadute. Gli interventi di esercizio sono efficaci quando vengono erogati in un contesto di gruppo o su base individuale.

Metodi: Sono stati inclusi studi randomizzati controllati (RCT), randomizzati sia individualmente che a grappolo, che hanno valutato gli effetti degli interventi di attività fisica sulle cadute negli anziani che vivono in comunità. Per essere inclusi nella revisione, gli studi dovevano soddisfare i seguenti criteri: 1) Popolazione: persone residenti in comunità di età pari o superiore a 60 anni. 2) intervento: qualsiasi intervento di attività fisica testato in studi in cui l'attività fisica era un intervento singolo piuttosto che una componente di un intervento più ampio. 3) esito: cadute con studi che riportavano il tasso di cadute (cadute per persona-anno) che sono stati raggruppati per la meta-analisi.

La ricerca bibliografica si è basata sulle seguenti banche dati. Il registro specializzato del Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group (dal 2 maggio 2018 al 7 novembre 2019); il Cochrane Central Register of Controlled Trials. (CENTRAL) (Cochrane Register of Studies Online) (dal numero 1 del 2018 al 7 novembre 2019); MEDLINE (inclusi Epub Ahead

of Print, In-Process & Other Non-Indexed Citations e MEDLINE Daily) (dall'inizio del 2018 al 7 novembre 2019); Embase (dall'inizio del 2018 al 7 novembre 2019); il Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) (da maggio 2018 al 7 novembre 2019); e il Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (dal 2018 al 2019), utilizzando strategie di ricerca personalizzate. In MEDLINE, sono stati combinati i termini di ricerca specifici per argomento con la versione che massimizza la sensibilità e la precisione della Cochrane Highly Sensitive Search Strategy per l'identificazione di studi randomizzati (Lefebvre 2011). Inoltre sono stati identificati gli studi in corso e quelli completati di recente effettuando una ricerca sulla piattaforma del registro internazionale degli studi clinici dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS ICTRP) e su ClinicalTrials.gov (novembre 2019). La figura 5.2.1 fornisce uno schema riassuntivo del processo di scernita delle fonti bibliografiche.

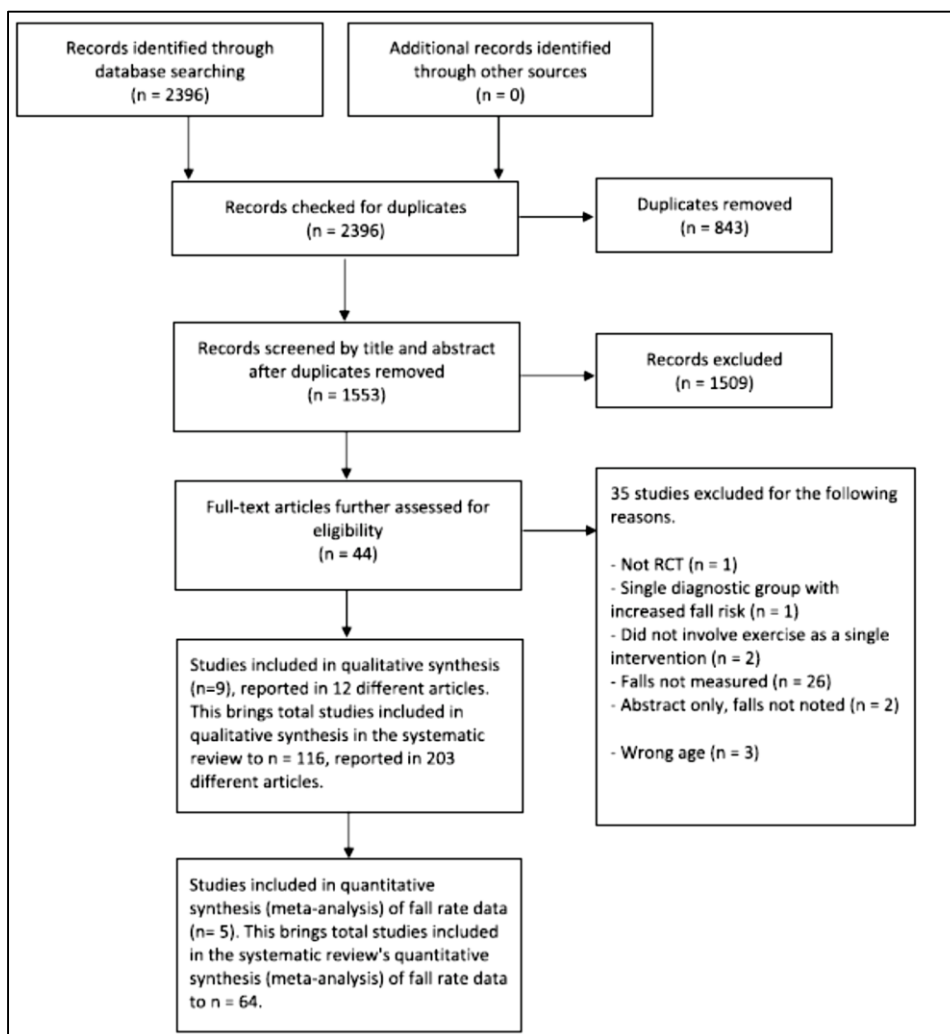


Fig. 5.2.1. Diagramma di flusso della revisione delle fonti bibliografiche (da Sherrington 2020)

È stata utilizzata la tassonomia della Prevention of Falls Network Europe (ProFaNE) per raggruppare interventi di attività fisica simili (Lamb 2011). Per semplicità, la categoria ProFaNE relativa all'allenamento dell'andatura, dell'equilibrio, della coordinazione o dei compiti funzionali è stata indicata come esercizi di equilibrio e funzionali. In breve, l'aggiornamento della ricerca ha identificato 2396 nuovi record potenzialmente idonei e il testo completo è stato esaminato per 44 studi. La selezione degli studi ha portato all'inclusione di altri nove studi non presenti nella revisione Cochrane del 2019 e all'esclusione di 35 studi.

Gli effetti del trattamento sul tasso di cadute sono stati riportati come rate ratio (RaR) con intervalli di confidenza (CI) al 95%. È stata valutata l'eterogeneità degli effetti del trattamento mediante l'ispezione visiva dei diagrammi e l'utilizzo del test Chi² (con un livello di significatività a $P < 0,10$) e della statistica I². Per il confronto primario, i dati di tutti gli studi rilevanti sono stati raggruppati senza stratificazione. È stata condotta un'analisi di sottogruppo utilizzando il Cochrane Review Manager 2014 (Revman 2014) per confrontare l'effetto dell'attività fisica sulle cadute in base a quanto segue: studi che utilizzavano un aumento del rischio di cadute come criterio di inclusione rispetto a quelli con reclutamento generale; studi con popolazioni prevalentemente anziane (definite dai criteri di inclusione 75 anni o più, limite inferiore superiore a 75 anni, o età media meno una deviazione standard superiore a 75 anni) rispetto a quelli con popolazioni prevalentemente giovani; interventi di attività fisica erogati individualmente rispetto a quelli di gruppo; interventi di attività fisica erogati da operatori sanitari rispetto a quelli erogati da istruttori di fitness addestrati e alle diverse categorie di interventi di esercizio, secondo la tassonomia ProFaNE. È stata applicata una meta-regressione utilizzando il metodo Stata metareg (Harbord 2008) sviluppato appositamente per esplorare l'impatto delle ore di intervento di esercizio a settimana nel periodo del programma ed è stato stimato l'impatto degli interventi con dosi più elevate (3+ ore a settimana) e che includevano esercizi mirati all'equilibrio e alla funzione (ad es, esercizi per l'equilibrio e la funzione, Tai Chi e interventi di esercizio a componenti multipli che includono esercizi per l'equilibrio e la

funzione). Questa analisi è un aggiornamento della precedente revisione non-Cochrane dell'esercizio fisico sul tasso di cadute (Sherrington 2017).

Risultati: Gli effetti del trattamento sul tasso di cadute sono stati riportati come rate ratio (RaR). Complessivamente, il 74% dei partecipanti inclusi erano donne. Tutti i partecipanti erano donne in 28 studi e uomini in uno studio. Sessantaquattro di questi studi hanno riportato il tasso di cadute come risultato. La durata dell'intervento di esercizio variava da 2 settimane a 2,5 anni e le ore totali di esercizio variavano da 4 a 1086 ore. L'esercizio (tutti i tipi) riduce il tasso di cadute del 23% rispetto al controllo (RaR 0,77, 14.306 partecipanti, 64 studi, $I^2 = 61%$; evidenza ad alta certezza). L'analisi dei sottogruppi (fig. 5.2 2) non ha mostrato alcuna differenza nell'effetto sulle cadute per i partecipanti con un aumentato rischio di caduta come criterio di inclusione dello studio rispetto al reclutamento generale, per i partecipanti di età pari o superiore a 75 anni rispetto a quelli di età compresa tra 60 e 74 anni, per l'esercizio di gruppo rispetto a quello individuale, o per il fatto che gli interventi siano stati erogati da un professionista sanitario rispetto a un leader addestrato all'esercizio fisico.

Le analisi di sensibilità hanno rivelato poche differenze nei risultati quando si raggruppano solo gli studi che includono le due componenti più comuni (esercizi di equilibrio e funzionali più esercizi di resistenza) (RaR 0,69, 1084 partecipanti, 8 studi; $I^2 = 71%$).

Rispetto ai controlli, non è certo che il tasso di cadute sia ridotto negli esercizi di danza (RaR 1,34, 522 partecipanti, 1 studio; evidenza a bassissima certezza) e nei programmi di camminata (RaR 1,14, 441 partecipanti, 2 studi; $I^2 = 67%$; evidenza a bassissima certezza).

Le analisi di meta-regressione hanno suggerito una relazione dosaggio-risposta. È stata riscontrata una maggiore riduzione delle cadute con programmi di esercizio che prevedevano un maggior numero di ore settimanali, anche se ciò non ha raggiunto la significatività statistica ($p = 0,077$). Gli interventi che prevedevano un dosaggio di esercizio superiore alle 3 ore settimanali e includevano esercizi di equilibrio e funzionali sono risultati particolarmente efficaci, con una riduzione stimata del 42% del tasso di cadute (IRR 0,58). La figura 5.2.3 mostra l'impatto stimato dell'impatto separato e combinato della dose e del tipo di esercizio sulle cadute.

Analysis/ GRADE evidence certainty rating	No. of participants / No. of Studies	Rate Ratio (95% CI)	I ²	Test for sub-group difference
Overall effect of exercise on rate of falls versus control				
Exercise versus control/ high certainty	14,306 / 64	0.77 (0.71 to 0.83)	61%	-
Subgroup analyses				
a) Based on type of exercise^a				
Balance, and functional exercises versus control/ high certainty	7989 / 39	0.76 (0.70 to 0.82)	31%	Chi ² = 18.91, df = 6, P = 0.004, I ² = 68%
Resistance exercises versus control/ very low certainty	327 / 5	1.14 (0.67 to 1.97)	67%	
Tai Chi exercise versus control/ moderate certainty	3196 / 9	0.77 (0.61 to 0.97)	83%	
Dance exercise versus control / very low certainty	522 / 1	1.34 (0.98 to 1.83)	-	
General physical activity (including walking) training versus control/ very low certainty	441 / 2	1.14 (0.66 to 1.97)	67%	
Multiple categories of exercise (often including, as primary interventions: gait, balance, and functional (task) training plus resistance training versus control/ moderate certainty	2283 / 15	0.72 (0.56 to 0.93)	65%	
b) Based on fall risk at baseline				
Increased risk of falling	7872 / 32	0.76 (0.69 to 0.84)	65%	Chi ² = 0.1, df = 1, P = 0.75, I ² = 65%
Not using increased risk of falling as entry criterion	6434 / 32	0.78 (0.68 to 0.89)	57%	
c) Based on age				
Aged ≥75 years	3841 / 14	0.85 (0.73 to 1.0)	61%	Chi ² = 2.29, df = 1, P = 0.13, I ² = 56%
Aged < 75 years	10,465 / 50	0.74 (0.68 to 0.81)	60%	
d) Based on setting of the interventions delivered				
Group	8909 / 43	0.74 (0.67 to 0.83)	66%	Chi ² = 1.3, df = 1, P = 0.31, I ² = 3%
Individual	5397 / 23	0.81 (0.72 to 0.91)	47%	
e) Based on who delivered the intervention				
Health professionals (usually physiotherapists)	5099 / 28	0.73 (0.64 to 0.82)	53%	Chi ² = 1.2, df = 1, P = 0.27, I ² = 16%
Non-health professionals (trained instructors)	9207 / 36	0.79 (0.72 to 0.88)	65%	

CI confidence interval
^aFull details on classification of type of exercise and illustrative examples shown in Additional File 2

Fig. 5.2.2. Sommario dei risultati generali e dell'analisi dei sottogruppi (da Sherrington 2020)

Feature	Effect on falls, IRR (95% CI)
Higher dose, 3+ h per week of total exercise	0.83 (0.60 to 1.15)
Inclusion of balance/ functional exercises ^a	0.76 (0.69 to 0.83)
Higher dose, 3+ h per week of total exercise plus inclusion of balance/ functional exercises ^a	0.58 (0.45 to 0.76)
Lower dose, <3 h per week of total exercise and no inclusion of balance/ functional exercises ^a	1.08 (0.84 to 1.38)

^abalance and functional exercise, Tai Chi and multiple component exercise interventions that include balance and functional exercise

Fig. 5.2.3. Impatto stimato per il dosaggio e il tipo di esercizio ai fini del rischio di cadute (da Sherrington 2020)

I programmi valutati negli studi che si sono rivelati in grado di prevenire le cadute comprendevano una durata totale del programma che variava da 5 settimane a 2,5 anni, con ore totali di esercizio che variavano da 6 a 312 ore. Ulteriori caratteristiche del programma per i tipi di esercizio che si sono rivelati efficaci nella prevenzione delle cadute sono state attentamente valutate in una precedente revisione [9]. È stata suggerita una relazione dosaggio-risposta dell'esercizio fisico sul tasso di cadute ma, a differenza del tipo di esercizio, questo non ha raggiunto la significatività statistica. La riduzione stimata del 42% del tasso di cadute ottenuta con programmi che includono una dose più elevata di esercizio (se distribuita in 3 ore alla settimana) e che includono

esercizi mirati all'equilibrio o alla funzione, suggerisce l'importanza di prestare attenzione sia al tipo che alla dose di esercizio. La differenza fondamentale nei metodi è che le revisioni Cochrane effettuano analisi di sottogruppo per il tipo di esercizio, raggruppando i programmi in base alla loro descrizione primaria. La meta-regressione della presente revisione di tipo non Cochrane, verifica se l'inclusione di caratteristiche diverse sia associata a effetti maggiori. Altre analisi recenti hanno raggiunto risultati simili, tra cui una grande meta-analisi di rete (Tricco 2017).

Queste evidenze sulla prevenzione delle cadute suggeriscono un approccio mirato all'esercizio fisico piuttosto che una promozione più generale dell'attività fisica. L'importanza dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute suggerisce di prestare maggiore attenzione all'implementazione diffusa di un approccio all'invecchiamento sano lungo tutto l'arco della vita, vale a dire l'esercizio fisico per tutta la vita per massimizzare il funzionamento fisico in età avanzata, come suggerito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Sebbene il follow-up degli studi variasse da 3 a 18 mesi nel confronto principale, è probabile che l'introduzione di abitudini di esercizio per la prevenzione delle cadute nelle persone della comunità generale abbia benefici a lungo termine. In particolare, la durata della maggior parte dei programmi di esercizio era di 12 settimane o più e quasi un terzo è durato un anno o più. Questi risultati evidenziano anche l'importanza di un esercizio fisico continuativo. Poiché è possibile che gli interventi volti ad aumentare l'attività fisica possano aumentare le cadute a causa di una maggiore esposizione al rischio, gli autori suggeriscono a coloro che intraprendono studi sugli interventi di attività fisica negli anziani di prendere in considerazione il monitoraggio delle cadute.

Conclusioni: Questa revisione aggiornata fornisce prove ad alta certezza che i programmi di esercizio fisico ben progettati riducono il tasso di cadute tra gli anziani che vivono in comunità di circa il 25%. Una maggiore disponibilità e diffusione di questi programmi è una sfida urgente per i fornitori di servizi sanitari e di esercizio fisico a livello globale e per i sistemi di supporto sociale

5.3 Programmi di attività fisica per l'equilibrio e la prevenzione della caduta in anziani (Thomas et al 2019)

Questa revisione sistematica esamina gli effetti di diverse tipologie di programmi di esercizio fisico sull'equilibrio statico negli anziani. La ricerca della bibliografia è stata considerata in linea con i principi etici per la ricerca medica che coinvolge soggetti umani. Non è stata necessaria alcuna approvazione per la presente revisione. I criteri di inclusione comprendevano articoli in lingua inglese, pubblicati nella decade di anni 2008-2018. Tutti gli articoli dovevano analizzare gli effetti dell'attività fisica sull'equilibrio in campioni di anziani di almeno 65 anni. I partecipanti dovevano essere sani, senza malattie fisiche, neurologiche o mentali invalidanti ed erano esclusi se vivevano in una casa di riposo. Sono stati presi in considerazione entrambi i sessi. Per trovare articoli che soddisfacessero tutti i criteri sono state utilizzate le seguenti parole chiave in diverse combinazioni: equilibrio, esercizio, anziani, allenamento.

Gli autori partono da alcuni presupposti che si possono riassumere come segue. Livelli più elevati di attività fisica riducono la morbilità e la mortalità complessive e il rischio di cadute tra il 30% e il 50% (Bembom 2009, Battaglia 2010). Soprattutto l'allenamento della forza delle gambe e dell'equilibrio sono stati identificati come metodi idonei a ridurre il rischio di cadute. Tuttavia, l'equilibrio è alla base della capacità di stare in piedi e di muoversi, quindi anche l'allenamento dell'equilibrio dovrebbe avere un ruolo importante nella prevenzione delle cadute (Melzer 2004). È stato inoltre dimostrato che gli anziani con un equilibrio deteriorato hanno maggiori probabilità di subire una caduta rispetto agli anziani con un controllo posturale non compromesso, il che sottolinea l'importanza dell'allenamento dell'equilibrio tra gli anziani (Muir 2010). Quasi tutti gli studi che analizzano il rischio di caduta tra gli anziani concludono che l'attività fisica, anche quella ricreativa, è un metodo efficace per mantenere intatto il controllo dell'equilibrio e prevenire le cadute (Fernandez 2014, Gillespie 2003, Rao 2005). Diversi studi hanno esaminato diversi tipi di esercizio, dal pilates, all'arrampicata sulle scale, all'allenamento con le vi-

brazioni, al ballo (Bellafiore 2011, Bird 2014, Patti 2017). Tutti hanno riscontrato miglioramenti significativi nella capacità di equilibrio e forniscono la prova che l'attività fisica può ridurre il rischio di caduta. Poiché la maggior parte di questi studi si occupa di un solo tipo di esercizio specifico o di un solo tipo di equilibrio (statico, dinamico o inteso come controllo posturale), non è certo quale forma di attività fisica possa fornire l'effetto più benefico.

Metodi: Per la scelta delle fonti bibliografiche è stato applicato il metodo PRISMA con i seguenti criteri di inclusione: articoli in lingua inglese, pubblicati nell'ultimo decennio. Tutti gli articoli dovevano analizzare gli effetti dell'attività fisica sull'equilibrio in campioni di anziani di almeno 65 anni. I partecipanti dovevano essere sani, senza malattie fisiche, neurologiche o mentali invalidanti ed erano esclusi se vivevano in una casa di riposo. Sono stati presi in considerazione entrambi i sessi. Per trovare articoli che soddisfacessero tutti i criteri sono state utilizzate le seguenti parole chiave in diverse combinazioni: equilibrio, esercizio, anziani, allenamento. La ricerca è stata condotta nei seguenti database elettronici: Medline-NLM, Pubmed, Science Direct e SPORTDiscuss.

Nella sintesi qualitativa, il confronto dell'effetto dell'intervento tra i gruppi di esercizio e di controllo è stato analizzato per ogni manoscritto in base ai dati post-intervento o, se accessibile, al tasso di miglioramento pre-post (cioè, differenze medie o variazioni percentuali, % Δ). Successivamente, sono stati calcolati gli intervalli di confidenza (CI) al 95% per aumentare l'omogeneità della sintesi quantitativa. L'effetto degli interventi sull'equilibrio è stato interpretato in base alle differenze medie standardizzate e alla significatività statistica tra il gruppo di intervento sull'esercizio e il gruppo di controllo.

Risultati: Un totale di 1305 documenti è stato identificato attraverso la ricerca preliminare nel database. Centododici studi sono stati selezionati attraverso lo screening del titolo e 64 di questi sono stati esclusi dopo l'analisi dell'abstract. Dei 48 record rimanenti, di cui sono stati analizzati i testi completi, 26 sono stati esclusi perché non conformi ai criteri di inclusione. Ventidue studi sono stati considerati potenzialmente rilevanti e conformi a tutti i criteri di inclusione. Dopo aver recuperato la % Δ tra pre e post intervento, calcolata sul gruppo sperimentale, sono stati calcolati gli CI al 95% per gli articoli inclusi nella

sintesi qualitativa (CI basato sul miglioramento dell'equilibrio dopo gli interventi: CI inferiore 15,71 - CI superiore 43,01) e sulla base di tali criteri, sono stati infine inclusi nella sintesi quantitativa un totale di 8 studi (fig. 5.3.1).

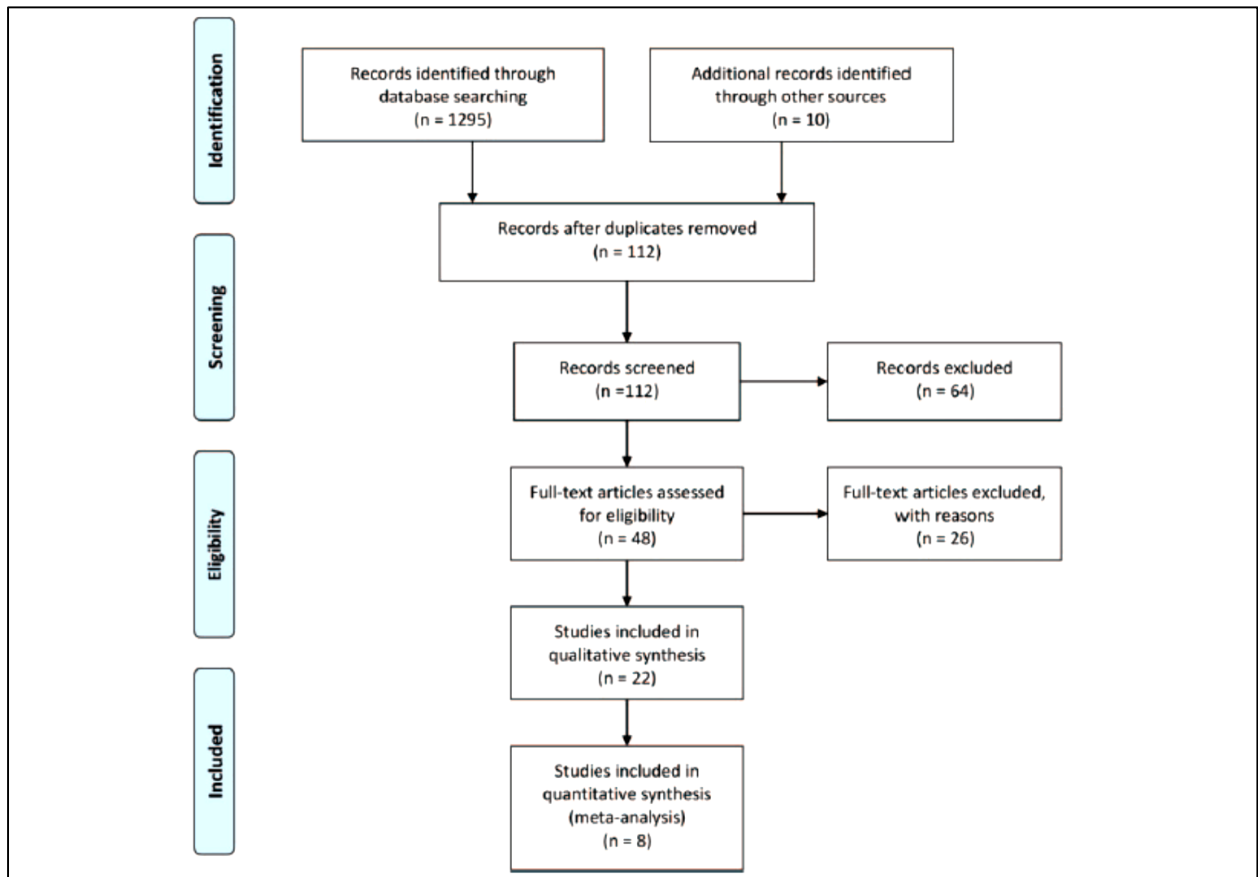


Fig. 5.3.1. Diagramma di flusso (PRISMA) con i criteri di inclusione delle fonti bibliografiche (da Thomas 2108)

In totale sono stati analizzati 200 soggetti anziani in tutti gli studi, con un'età media di $75,1 \pm 4,4$ anni. La dimensione del campione degli studi variava da 9 a 61 e i periodi di intervento da 8 a 32 settimane. Tutti gli 8 studi hanno analizzato gli effetti di diversi tipi di esercizio fisico sull'equilibrio insieme ad altre variabili. Sono state analizzate le seguenti tipologie di esercizi:

- esercizi di resistenza e aerobici (Ansai 2016, Sousa 2017)
- allenamento dell'equilibrio (Leiros-Rodriguez 2014, Zhao 202017)
- allenamento con Tbow © e wobble board (Chulvi-Medrano 2009, Ogaya 2011)
- allenamento aerobico con step e stability ball (Dunsky 2017)

- e attività fisica adattata e allenamento con Wii Fit (Toulotte 2012)

Le caratteristiche descrittive degli studi recuperati sono mostrate nella figura 5.3.2.

Author	Year	Sample size (n)	Age (yr)	Intervention (weeks)	Intervention (type)	Treatment	Balance assessment	%Δ experimental	%Δ control
Ansai et al ^[1]	2016	23	82.8 ± 2.8	16	Resistance and aerobic exercise	60 min, 3 times per week	One leg stance	16.7	-3.9
Chulvi-Medrano et al ^[2]	2009	18	69.5 ± 1.0	8	T-Bow© training	30 min, twice per week	One leg stance	35.2	-5.8
Dunsky et al ^[3]	2017	42	72.2 ± 5.8	8	Aerobic step	45 min, twice times per week	One leg stand test	32.8	-7.1
Leiros-Rodríguez and García-Soldán ^[4]	2014	14	69.0 ± 3.2	6	Balance training	50 min, twice per week	Berg Balance Scale	17.9	-0.2
Ogaya et al ^[5]	2011	11	84.9 ± 6.6	9	Wobble board training	10min, twice a week	One leg stance	42.1	-23.4
Sousa et al ^[6]	2017	22	69.0 ± 4.9	32	Resistance and aerobic exercise	60min, 3 times per week	Time up and go	20.3	2.7
Toulotte et al ^[7]	2012	9	84.2 ± 8.1	20	Adapted physical activity and Wii Fit training	60 min, once per week	Tinetti balance test	18.2	-5
Zhao e al ^[8]	2017	61	68.8 ± 3.0	16	Balance training	90min, 3 times per week	8-ft up and go	15.8	5.5
Mean		25	75.1 ± 4.4	14.4		50 min, Twice per week		24.9	-4.6

Age: Expressed as mean ± st.dev; %Δ: Percentage difference between pre and post measures based on the main balance outcome.

Fig. 5.3.2. Caratteristiche incluse nella sintesi quantitativa (da Thomas 2108)

Tutti gli studi analizzati hanno mostrato miglioramenti nelle misure di equilibrio tra il pre e il post intervento. Il protocollo di esercizio di ciascun intervento è riassunto nella Fig. 5.3.3.

In due studi revisionati qualitativamente (Lacroix 2016, e Marques 2017) è stato verificato l'effetto positivo di un allenamento basato anche sulla forza e sulla resistenza con miglioramenti maggiori rispetto ai corrispondenti gruppi di controllo. Entrambi gli studi di Lacroix e Marques hanno riportato una diminuzione delle misure di equilibrio nei loro gruppi di controllo rispettivamente del 21,9% e del 14,9%. Anche Marques et al. hanno dimostrato che il gruppo sottoposto all'esercizio aerobico insieme all'esercizio di resistenza ha migliorato notevolmente, rispetto agli altri gruppi, la capacità di equilibrio. Non è chiaro se questa maggiore capacità di equilibrio sia legata alla capacità aerobica sviluppata o ai mezzi utilizzati per aumentarla. La corsa o il nuoto, ad esempio, potrebbero aiutare gli anziani ad aumentare la propriocezione dell'articolazione della caviglia e del ginocchio, con conseguente aumento della capacità di equilibrio (Xu 2004).

Nello studio di Leiro-Rodríguez gli autori si proponevano esercizi statici e dinamici (coordinazione e capacità aerobica) a pazienti femmine in parchi pubblici per 6 settimane. Questa batteria di esercizi di equilibrio e coordinazione comprendeva esercizi di Tai Chi modificati, esercizi di passi, cambi di direzione, passi di danza e presa e lancio di una

palla. Misure posturografiche (body sway) sono risultate migliori nel gruppo sperimentale. Tali risultati hanno indicato che dopo l'intervento di 1 anno proposto, il decadimento fisiologico degli adulti anziani, insieme all'inattività fisica, ha diminuito significativamente la capacità di equilibrio, mentre un intervento fisico di bassa intensità potrebbe aumentare efficacemente l'equilibrio.

Table 2			
Description of the training protocols.			
Author	Intervention (type)	Treatment (time)	Training protocol
Ansai et al ^[1]	Resistance and aerobic exercise	60 min, 3 times per week	CG: No intervention. EG RT+AE: 5 min of warm-up; 13 min of AE using a cycle ergometer at 60%–85% reserve HR; 15–20 min of strength exercises of major muscle groups (3 sets of 10–12 maximal repetitions at moderate speed (2 s for the concentric phase and 3 s for the eccentric phase) and 1-min resting periods between sets), 10 min of balance activities; and 5 min of cool-down exercise.
Chulvi-Medrano et al ^[2]	T-Bow© training	30 min, twice per week	CG: No intervention. EG T-Bow©: an unstable device with a concave or convex side was used (T-Bow©) to perform squats, side and frontal swings, lunges, plantar flexo-extensions, for 3 sets each of 12 repetitions for maximum 30 s balancing on the T-Bow©. A medium intensity was calculated for each person involved and adjusted during the intervention.
Dunsky et al ^[3]	Aerobic step	45 min, twice times per week	CG: No intervention. EG: Each session was comprised of 10 min of warm-up, 25 min of exercises of Step Aerobics or Stability Ball, and 10 min of cool-down. The aerobic step protocol comprised 1 to 3 sets for each exercise with 8 to 15 repetitions using an aerobic step while the stability ball comprised 1 to 3 sets for each exercise with 8 to 15 repetitions using a stability ball. All exercised were performed using a 0.5 or a 1 kg additional weight.
Leiros-Rodríguez and García-Soldán ^[4]	Balance training	50 min, twice per week	CG: No intervention. EG: 10 min warm-up, 30 min specific exercises to train balance, and 10 min cool-down. Twelve exercises were performed, 7 for dynamic balance and 5 for static balance. Each exercise lasted 60 s with a 60 s rest. Each exercise was repeated twice.
Ogaya et al ^[5]	Wobble board training	10 min, twice a week	CG: No intervention. EG: The training program consisted in 2 standing tasks: a continued standing on a wobble board and following a moving cursor to a specific target. For all tasks, subjects stood barefoot on the wobble board. Each participant stayed on the wobble board for each task at a maximum of 120 s.
Sousa et al ^[6]	Resistance and aerobic exercise	60 min, 3 times per week	CG: No intervention. EG AE: 3 days of 10 min warm up, 30 min cardiorespiratory period, 10 min muscular endurance with 3 sets of 15 to 20 bodyweight reps for the lower and upper limbs; 5 min cool down. EG RT: 2 days of AE and 1 composed by 3 sets of 10 to 12 repetitions using the pyramidal method for setting the intensity (65% of 1-RM in the first 8 weeks; 75% of 1-RM for Weeks 8–24; 70% of 1-RM for Weeks 24–28; and 65% of 1-RM for Weeks 28–32). Seven exercises were performed: bench press, leg press, lateral pull-down, leg extension, military press, leg curl and arm curl.
Toulotte et al ^[7]	Adapted physical activity and Wii Fit training	60 min, once per week	CG: No intervention EG APA: 60 min of exercises to increase step length, step height, the mobility of the cervical rachis and ocular mobility in order to develop muscular strength, proprioception, flexibility, static balance with eyes open and eyes closed and dynamic balance. Reps and intensity were adjusted in each session. EG Wii-Fit: 60 min of standardized video games included within the console, such as heading soccer, ski jumping, yoga, downhill skiing, game balls and fightrope walker. Intensity was adjusted in each session. EG APA + Wii-Fit: 30 + 30 min of the above protocols.
Zhao et al ^[8]	Balance training	90 min, 3 times per week	CG: No intervention EG: Specific training in order to control the center of mass, range of motion and proprioception of the ankle joint and balance control. Each training session consisted of a 15 min warm up, 25 min practice, 10 min break, another 25 min practice, and a 15 min cool down. EG TC: 10-form Yang-style TC program.

AE=Aerobic Training, APA=Adapted Physical Activities, CG=Control Group, EG=Experimental Group, HR=Heart Rate, RM=Repetition Maximum, RT=Resistance Training, TC=Tai-Chi.

Fig. 5.3.3. Descrizione dei protocolli di allenamento per ciascun lavoro considerato (da Thomas 2108)

Diverse revisioni sistematiche e meta-analisi hanno analizzato gli effetti del Tai-Chi sull'equilibrio nelle popolazioni anziane (Liu 2010, Maciasek 2010, Leung 2011) e tutte concludono che questo tipo di esercizio è efficace per aumentare l'equilibrio e le misure funzionali legate alla qualità della vita negli anziani, come la flessibilità o la forza, ed è anche in grado di ridurre il rischio di cadute.

La stessa tendenza è stata dimostrata nello studio di Zhao e collaboratori, dove sia il gruppo Tai-Chi che il gruppo sperimentale hanno aumentato le loro capacità di equilibrio, anche se quest'ultimo ha migliorato l'equilibrio in misura maggiore.

Il dispositivo T-Bow© e una tavoletta oscillante sono stati altri due dispositivi utilizzati per aumentare l'equilibrio negli anziani. Il primo studio che utilizza il dispositivo T-Bow © (Chulvi-Medrano 2009) è tuttavia l'unico pubblicato che ha effettivamente studiato gli effetti di un regime di allenamento sugli anziani per aumentare l'equilibrio utilizzando il dispositivo T-Bow©, per cui non è possibile confrontare i risultati di tale studio con altri. Tuttavia, l'entità dei risultati sembra essere in linea con l'altro studio analizzato che utilizzava una superficie instabile (Ogaya 2011). Si è visto che l'equilibrio su superfici instabili aumenta l'attività cerebrale nell'area motoria supplementare. I compiti di attività instabile aumentano anche l'area di oscillazione sia in senso medio-laterale sia in senso antero-posteriore.

Tuttavia, quando si confronta direttamente un allenamento che mira ad aumentare l'equilibrio attraverso l'uso di superfici instabili e l'allenamento di resistenza, come nello studio di Dunsky et al (2017) in cui una palla di stabilità è stata confrontata con uno step aerobico, quest'ultimo sembra essere più vantaggioso. Anche in questo caso, l'aumento della forza muscolare, proposto nel protocollo dello step aerobico, insieme all'aumento della capacità aerobica, sembra essere una componente cruciale per il miglioramento dell'equilibrio negli anziani. Gli studi di Chulvi-Medrano et al, Ogaya et al e Dunsky et al mostrano tutti una riduzione delle misure di equilibrio dei gruppi di controllo analizzati rispettivamente di 5,8 , 23,4 e 7,1, tutte valutate attraverso la one leg stance (prova statica su un piede).

Toulette et al (2012) è stato l'unico autore a proporre un programma di attività fisica adattato rispetto a un protocollo di allenamento Wii Fit. L'attività fisica adattata comprendeva diversi elementi come la propriocezione, la forza muscolare e la flessibilità. Mentre la Wii Fit mirava ad aumentare l'equilibrio simulando diverse attività come il calcio, il salto con gli sci, lo yoga, lo sci alpino, le palle da gioco e il funambolo. Si è visto che la Wii Fit

migliora solo le attività di equilibrio statico in condizioni bipede, contrariamente alle attività fisiche adattate. Sono stati utilizzati due giochi Kinect: YourShape: Fitness Evolved e Kinect adventures. Dopo il periodo di intervento, gli anziani sono stati sottoposti a un nuovo test di 4 misure cliniche dell'equilibrio: Berg Balance Scale, Fullerton advanced balance scale, functional reach e time up and go test. Solo la scala di equilibrio Berg e la scala di equilibrio avanzata Fullerton hanno mostrato miglioramenti dopo il periodo di formazione, rispettivamente dell'8,3 e del 21%. I risultati indicano che è possibile ottenere aumenti parziali delle misure di equilibrio attraverso l'uso di un allenamento con Xbox Kinect, come descritto in precedenza rispetto all'uso di Wii Fit, che è in grado di aumentare l'equilibrio statico ma non quello dinamico. Tuttavia, non è chiaro se tali risultati siano dovuti alle piccole dimensioni del campione di entrambi gli studi o al tempo limitato dedicato all'allenamento per entrambi i gruppi (10 minuti due volte a settimana per il Wii Fit e 30 minuti tre volte a settimana per l'allenamento con Xbox Kinect).

Dagli studi analizzati, non è chiaro se un regime di allenamento specifico possa essere più vantaggioso di altri per aumentare l'equilibrio negli anziani. Tuttavia, tutti i gruppi senza attività fisica hanno mostrato un declino della funzione. Questo dato cruciale evidenzia la necessità di promuovere l'attività fisica negli anziani, più che di fornire un regime di allenamento specifico, non solo per consentire l'aumento dell'equilibrio, ma anche per promuovere diverse misure funzionali (Fisher 2017, Barbalho 2017).

Conclusioni: Gli studi analizzati dimostrano che un approccio a pluri-componenti, con componenti di allenamento di forza, aerobico e propriocettivo può essere appropriato per promuovere le prestazioni di equilibrio e ridurre il rischio di caduta. Nonostante i risultati significativi, ci sono diverse caratteristiche che variano tra gli studi e che non permettono un confronto diretto dei risultati ottenuti. Tutti gli studi analizzati, ad esempio, hanno utilizzato strumenti di valutazione diversi per valutare le capacità di equilibrio. Quattro studi hanno utilizzato la posizione di una gamba per valutare l'equilibrio statico, 1 la scala di equilibrio di Berg, 1 il test di equilibrio di Tinetti, 1 il test di salita e discesa a tempo e 1 il test di salita e discesa con 250 cm (8-ft up and go). È dubbio che alcuni test valutino effettivamente l'equilibrio in modo corretto, come salita e discesa con

250 cm o il time up and go. Si ritiene che questi metodi valutino l'equilibrio, ma potrebbero essere più selettivi per osservare l'aumento della forza degli arti inferiori combinato con le capacità aerobiche (Zaho 2017). Nessun attrezzo è stato utilizzato in più di uno studio e questo aspetto deve essere tenuto presente quando si confrontano i risultati. Inoltre, la dimensione del campione degli studi esaminati varia notevolmente. Il gruppo più piccolo era composto da 9 partecipanti, il più grande da 61. Ciò rende difficile rappresentare un quadro generale. Ciò rende difficile rappresentare una comunità generale, poiché un campione di 9 persone è piuttosto piccolo. Infine, si sarebbe dovuto considerare lo stato di allenamento dei partecipanti prima dell'inizio degli interventi. La maggior parte degli studi non ha valutato lo stato fisico e di allenamento, il che potrebbe portare a conclusioni distorte.

In sintesi gli autori affermano che un'attività fisica regolare che includa componenti aerobiche, anaerobiche e propriocettive può essere praticata per promuovere l'equilibrio statico negli anziani come mezzo per ridurre il rischio futuro di caduta. È tuttavia necessario confrontare tali risultati con studi di popolazione più ampi.

5.4 L'effetto degli interventi previsti per migliorare la forza muscolare intrinseca plantare del piede sulla funzione dinamica correlata alle cadute negli adulti (Willemse 2022)

L'alterazione dell'andatura e i relativi deficit di equilibrio sono fattori fortemente determinanti per le cadute e molto comuni (Fletcher 2009, Woollacott 1997, Franz 2016) negli adulti anziani. Un'ampia gamma di fattori biologici può essere correlata a questi cambiamenti legati all'età. Tuttavia, vi è motivo di ritenere che la ridotta capacità di produrre forza da parte dei muscoli intrinseci plantari del piede (PIFM), osservata negli anziani (Mickle 2016), possa avere un ruolo in almeno due aspetti del declino funzionale che rende più probabile la caduta. Si tratta di un minore controllo dell'equilibrio in circostanze dinamiche e di una ridotta generazione di forza propulsiva. Gli anziani hanno difficoltà a controllare l'equilibrio durante l'andatura, in particolare sul piano frontale (Arvin 2016, Schragger 2008). Un piede più piatto può anche avere un impatto negativo sull'equilibrio dinamico, poiché provoca un aumento del movimento dell'avampiede, che riflette una minore rigidità del piede (Tweed 2008). La mancanza di un piede rigido ad arco alto, che determina una base di appoggio meno stabile, potrebbe essere dovuta a una forza insufficiente prodotta dai PIFM (Ferrari 2020, Kelly 2015). Oltre a questo ruolo nell'equilibrio dinamico durante la deambulazione, i PIFM svolgono anche un ruolo nell'equilibrio posturale statico, soprattutto sul piano frontale o quando la richiesta posturale del compito è maggiore (Kelly 2012, Zhang 2017). È quindi probabile che l'atrofia dei PIFM osservata negli anziani interferisca con la capacità del sistema posturale di rimanere in equilibrio durante la deambulazione.

Quindi, per gli anziani, i PIFM che funzionano correttamente (ad esempio, hanno forza e resistenza sufficienti) sembrano essere importanti per camminare in sicurezza. Ciò è ulteriormente supportato dalla scoperta che la forza di flessione della punta del piede, attribuita sia ai PIFM che ai muscoli estrinseci del piede (Kurihara 2014), è un predittore indipendente delle prestazioni di equilibrio dinamico negli anziani (Menz 2015).

Nonostante il potenziale del rafforzamento dei PIFM, solo pochi studi hanno analizzato l'effetto degli esercizi di rafforzamento dei muscoli del piede negli anziani, senza tentare di distinguere tra il contributo dei muscoli intrinseci ed estrinseci del piede. Questi studi hanno evidenziato risultati coerenti: aumento della forza di flessione plantare e miglioramento delle prestazioni di equilibrio, mentre la velocità del passo è rimasta invariata. Inoltre, una revisione sistematica (Mickle 2011, Nagai 2011, Tsuyuguchi 2019, Schwenk 2013) e uno studio randomizzato controllato (RCT) che hanno valutato programmi costituiti da esercizi per il piede e per la caviglia, non limitati agli esercizi di rafforzamento, hanno concluso che questi programmi sono utili per l'equilibrio statico e per ridurre il numero di cadute (Schwenk 2013, Spink 2011).

Pertanto, l'obiettivo dell'attuale revisione sistematica della letteratura è stato quello di fornire una visione dell'evidenza dell'effetto degli interventi previsti per migliorare la forza del PIFM sul controllo dinamico dell'equilibrio e sulla funzione del piede durante la deambulazione negli adulti.

Metodi: la ricerca sistematica è stata condotta seguendo il metodo PRISMA (fig. 5.4.1). PubMed, CINAHL Plus con testo completo, SPORTSDiscus con testo completo, PEDRO e Web of Science sono stati utilizzati per la ricerca di articoli peer-reviewed.

Tramite i filtri del motore di ricerca, la stessa è stata limitata agli articoli full text scritti in inglese o in olandese. Ulteriori documenti sono stati reperiti controllando gli elenchi di riferimento degli articoli inclusi o effettuando un monitoraggio delle citazioni degli stessi articoli utilizzando Google Scholar. Sono stati esclusi gli articoli in cui l'intervento era descritto come 1) un intervento di esercizio fisico che non si concentrava solo sui muscoli delle dita, del piede o della caviglia (ad esempio, programmi di prevenzione delle cadute, terapia riabilitativa), 2) allenamento dell'equilibrio o propriocettivo, 3) allenamento alla corsa o programma di camminata senza una transizione alla condizione di scarpa minima o di piede nudo, o 4) terapia post-operatoria.

Nella selezione dei dati sono state utilizzate schede (filtri) predefinite per estrarre le caratteristiche del campione, la descrizione dell'intervento, la metodologia utilizzata per valutare gli esiti, i risultati sulle misure dei test di interesse (compresa la forza delle PIFM,

se riportata) al basale e direttamente dopo l'intervento per ogni ambito di esiti e la significatività statistica dei confronti (ad esempio, l'effetto di interazione di gruppo x tempo per gli studi controllati e l'effetto tempo per gli studi interventistici pre-post). Nel caso in cui un articolo riportasse più esiti all'interno dello stesso ambito di risultati, è stata selezionata per un'ulteriore sintesi la misura di risultato che la bibliografia sostiene essere più strettamente correlata al ruolo delle PIFM (McKenzie2020a,b). Se ugualmente correlate, le ulteriori decisioni sono state prese in primo luogo sulla base della disponibilità di dati, in secondo luogo sulla significatività statistica e infine sulla dimensione dell'effetto.

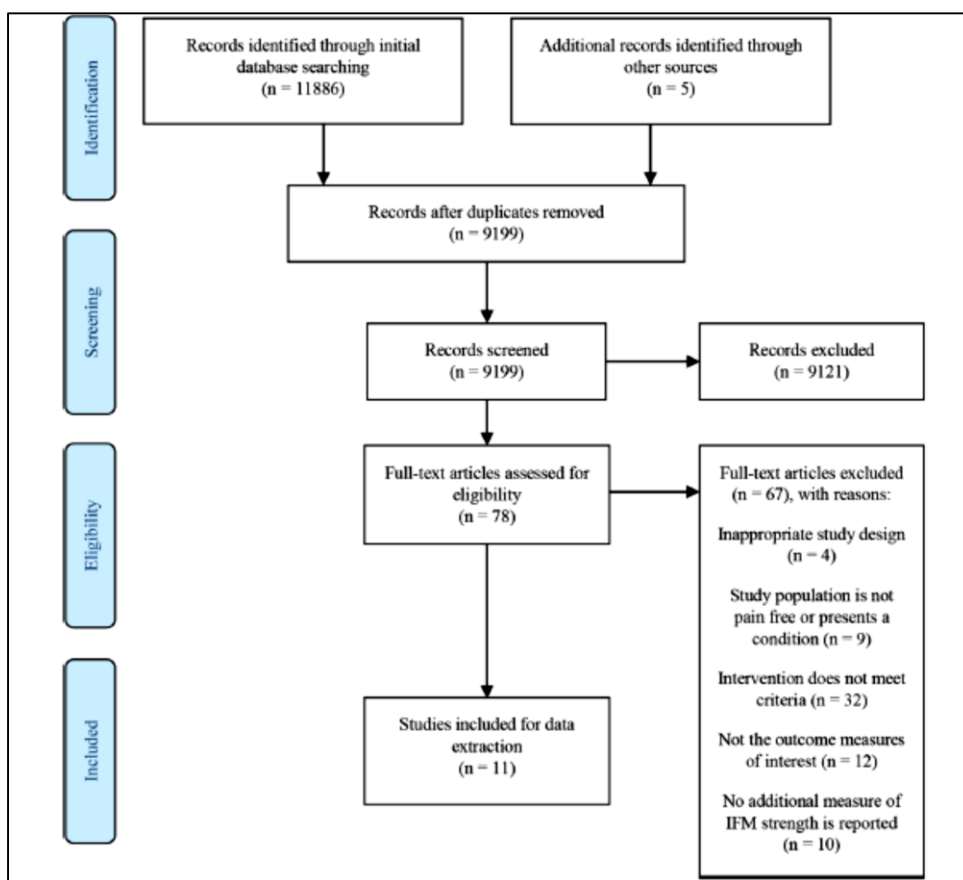


Fig. 5.4.1. Diagramma di flusso (PRISMA) con i criteri di inclusione delle fonti bibliografiche (da Willemse 2022)

La lista di controllo (checklist) Downs & Black è stata utilizzata per valutare la qualità metodologica degli articoli inclusi. La checklist contiene 27 domande che riguardano la chiarezza e la completezza del report (10 item), la validità esterna (3 item), la validità

interna (13 item) e la potenza (1 item). Questa lista di controllo è stata utilizzata in precedenza in revisioni sistematiche ed è applicabile per valutare vari disegni di studio (Huffer 2017, Latey 2017, Garofolini 2019).

L'approccio GRADE (Schuenemann 2020) è stato utilizzato per valutare la certezza delle prove per ogni dominio di risultati per il quale era stato incluso almeno uno studio di qualità moderata o alta e solo tenendo conto degli studi di qualità moderata e alta (McKenzie 2020). Partendo da un punteggio iniziale "alto", la qualità delle prove è stata successivamente declassata di uno o due livelli in base alle problematiche relative a questi cinque fattori:

1. Rischio di bias
2. Incoerenza dei risultati
3. Indeterminatezza delle prove
4. Imprecisione dei risultati
5. Probabilità di bias di pubblicazione

Il voto finale è stato "alto", "moderato", "basso" o "molto basso" e riflette la certezza dell'effetto reale per ogni dominio di risultato. È stata eseguita un'analisi di sensibilità per valutare la solidità del livello di evidenza modificando il limite inferiore per classificare gli studi come di qualità metodologica moderata (cioè, ≥ 4 o ≥ 6 , piuttosto che ≥ 5).

Risultati: Nelle banche dati e attraverso il monitoraggio delle citazioni anteriori e posteriori, sono stati identificati 9198 record unici. Un ulteriore articolo è stato aggiunto come risultato della ricerca supplementare nella letteratura più recente. Tra questi record, 78 articoli sono stati ritenuti rilevanti in base al titolo e all'abstract. Lo screening dei testi completi ha portato all'inclusione di 11 studi che soddisfacevano i criteri di selezione.

Le caratteristiche degli studi inclusi sono riassunte nella figura 5.4.2. Questi studi sono costituiti da quattro RCT (studi randomizzati controllati) (Taddei 2020, Okamura 2020, Lynn 2012, Lee 2019), uno studio controllato non randomizzato (Tudpor 2019) e sei studi interventistici pre-post o RCT considerati pre-post interventistici (cioè senza gruppo di controllo adeguato) (Mulligan 2013, Lee 2019, Matsumoto 2019, Kim 2016, Pisal 2020, Ma

2020). Il numero totale di partecipanti era di 226 (range: 7-40) con un'età media di 23,3 anni. Uno studio ha incluso partecipanti anziani (> 60 anni), ai quali è stato diagnosticato il diabete (Tudpor 2019). Altre popolazioni di studio erano caratterizzate da instabilità cronica della cavaglia (Lee 2012, Lee 2019, Ma 2020), postura pronata del piede (Okamura 2020, Kim 2016, Pisal 2020) o corridori di lunga distanza (Taddei 2020). I tre studi rimanenti (Lynn 2012, Mulligan 2013, Matsumoto 2019) includevano partecipanti senza nessuna di queste caratteristiche comuni degne di nota.

Table 2 Characteristics of included studies, sorted by outcome domain and in descending order according to methodological quality

Study / Design	Methodological quality	Intervention				Adherence/attendance	Outcomes	
		Type	Volume	Progression	Supervision		Domain	Instruments and measures
Taddei et al. [39] Randomized controlled trial	High	I: Foot and ankle strength exercise program C: stretching program	8 weeks 4 sessions 20-30 min	Customized, 3 levels (sitting, double leg, single leg stance)	Weekly supervised session	80.4% supervised sessions attended	Foot and ankle biomechanics Ground reaction forces	Barfoot running analysis with 3D motion capture system and force plates MLA ROM ^o and stiffness GRF vertical ^o and AP impulse at push-off.
Clemens et al. [40] Randomized controlled trial	High	I: Short-foot exercise program supported by electrical stimulation and EMG biofeedback C: No intervention	8 weeks 3 sessions 3 sets 10 reps 5s 45 s rest between sets	Customized, 3 levels (sitting, double leg, single leg stance)	Initial 20-min training session, weekly supervised session	102.1% unsupervised sessions 77.9% supervised sessions attended	Foot and ankle biomechanics Ground reaction forces	Barfoot gait analysis with 3D motion capture system and force plates Navicular drop ^o and corresponding moment in time GRF (anterior, medial, vertical ^o) in second half of stance Stance phase duration
Matsumoto et al. [50] Prepost intervention study	Low	I: Short-foot exercise program	4 weeks 4 sessions NI 30 reps 5s contraction	Fixed, 3 levels wk 1 – sitting wk 2 – double leg stance wk 3 to 4 – single leg stance	Initial 30-min training session	67.2% sessions accomplished	Spatiotemporal parameters Foot and ankle biomechanics	Barfoot gait analysis with 3D motion capture system and pressure plate MLA compression ^o , peak pressure per foot region, total plantar contact area Gait speed
Lynn et al. [53] Randomized controlled trial	High	I: Short-foot exercise program C: No intervention	4 weeks daily 100 reps 5s contraction	Fixed, 2 levels: week 1,2 – sitting week 3,4 – double leg stance	Initial training session, weekly phone consult, extra instructional training session before week 3	NR	Spatiotemporal parameters Dynamic balance	YBT mediolateral COP excursion for dominant and non-dominant stance leg

Fig. 5.4.2. a. Caratteristiche degli studi inclusi suddivise per ambito di risultati e ordinate in successione a seconda della qualità metodologica

Table 2 Characteristics of included studies, sorted by outcome domain and in descending order according to methodological quality. (Continued)

Study / Design	Methodological quality	Intervention				Outcomes			
		Study population gender; (male/female) age; mean \pm sd	Type	Volume	Progression	Supervision	Adherence/attendance	Domain	Instruments and measures
Lee et al. [54] Blinded controlled trial	Moderate	Chronic ankle instability CG (n = 15) Gender: 5/10 Age: 20.9 \pm 1.1 YF CG (n = 15) Gender: 5/10 Age: 20.8 \pm 0.9 YF	I: IEM strength exercise program C: no intervention	6 weeks 3 sessions 3 blocks 4 sets 3-15 reps 3-20s contraction	Fixed, 3 levels/week 1, 2 weeks 3, 4 – double leg stance week 5, 6 – single leg stance contraction	Supervision, but not specified	NR	Dynamic balance	YBT composite reach distance normalized to leg length
Mulligan et al. [60] Prepost intervention study	Moderate	n = 21 Gender: 3/18 Age: 26.1 \pm 3.7 YF	Short-foot exercise program	4 weeks daily 3 min 5 s 8 weeks daily 1/2 reps of foot exercises + 30 min SFE CG 30 reps of foot exercises	Customized, 3 levels (sitting, double leg, single leg stance) + variations (vision, surface stability) No progression, sitting position	Initial 1-h training session NR	85.7% sessions accomplished NR	Dynamic balance	SEBT reach distance in five directions, among which medial ^a SEBT reach distance normalized to leg length in eight directions, among which lateral ^a
Tudpoor et al. [55] Non-blinded controlled trial	Low	Diabetes CG (n = 8) Gender: 4/4 Age: 62.6 \pm 0.4 YF CG (n = 7) Gender: 3/4 Age: 67.4 \pm 0.5 YF	I: foot strength exercises + short-foot program C: foot strength exercises	8 weeks daily 1/2 reps of foot exercises + 30 min SFE CG 30 reps of foot exercises	No progression, sitting position	NR	NR	Dynamic balance	SEBT reach distance normalized to leg length overall and medio-lateral ^a center of gravity displacement index score
Lee et al. [57] Prepost intervention study	Low	Chronic ankle instability (n = 15) Gender: 7/8 Age: 21.5 \pm 2.5 YF	Short-foot exercise program	8 weeks 3 sessions 3 sets 12 reps 5 s contraction	2 levels, fixed week 1 to 4 – sitting weeks 5 to 8 – single leg stance	NR	NR	Dynamic balance	Moving platform overall and medio-lateral ^a center of gravity displacement index score
Maier et al. [61] Prepost intervention study	Low	Chronic ankle instability (n = 14) Gender: 6/8 Age: 20.3 \pm 1.5 YF	Short-foot exercise program transcranial direct current stimulation	4 weeks 3 sessions 20 min 4 sets	3 levels (sitting, double leg, single leg stance) contraction	All sessions were supervised	NR	Dynamic balance	YBT composite reach distance normalized to leg length
Kim et al. [59] Prepost intervention study	Low	Proximal foot function (n = 7) Gender: 6/1 Age: 24.0 \pm 1.9 YF	Short-foot exercise program	5 weeks 3 sessions 30 min	No progression, sitting position	Initial training session, all sessions were supervised	NR	Dynamic balance	YBT composite reach distance normalized to leg length
Pisal et al. [60] Prepost intervention study	Low	Proximal foot posture (n = 40) Gender: NR Age NR	Short-foot exercise program	4 weeks daily 100 reps 5 s contraction	NR	NR	NR	Dynamic balance	YBT reach distance of both legs in three directions, among which posterolateral with the right leg ^d

IG: intervention group, CG: control group, I: intervention, C: control, PFM: plantar intrinsic foot muscles, MUA: medial longitudinal arch, ROM: range of motion, GRF: ground reaction forces, CoP: center of pressure, AP: anteroposterior, CAI: cross-sectional area, US: ultrasound, YBT: Y-balance test, SEBT: star excursion balance test, NR: not reported.
^a Indicates the jointed outcome measure when multiple measures were reported within the same outcome domain, based on the prioritization relation with the role of the PFM. (¹) availability of data (²) statistical significance (³) and effect size (⁴). For example, (indicated) means that several outcome measures were considered equally relevant to the role of the PFM; the data to determine the SMD was available for more than one of these measures and more than one was statistically significant, of which the measure with the larger effect size was selected for further analysis.

Fig. 5.4.2.b. Caratteristiche degli studi inclusi suddivise per ambito di risultati e ordinate in successione a seconda della qualità metodologica (continuazione)

Tutti gli studi inclusi hanno analizzato l'effetto di un programma di esercizi di forza della durata di quattro-otto settimane. In nove studi è stato analizzato l'effetto di soli esercizi brevi per il piede. Negli altri due studi il programma di esercizi era composto da vari esercizi per i muscoli intrinseci del piede o da esercizi per piedi e caviglie. Il numero di sessioni di esercizio prescritte in una settimana variava da un minimo di tre sessioni alla pratica quotidiana.

La durata delle sessioni variava da pochi a 30 minuti. La maggior parte dei programmi prevedeva un livello di difficoltà progressivo, fisso o personalizzato. Le prestazioni di equilibrio dinamico costituiscono il parametro di risultati in otto studi, utilizzando il test

di equilibrio con escursione a stella (SEBT), il test di equilibrio Y (YBT) o un test con una piattaforma mobile. Tre studi hanno effettuato un'analisi dell'andatura o della corsa per valutare l'effetto dell'intervento utilizzando vari parametri di biomeccanica del piede, GRF (ground reaction force: forza di reazione al suolo) e caratteristiche spazio-temporali. L'ultima colonna della figura 5.4.2 mostra i parametri di risultato selezionati per dominio, in base alla priorità predefinita, per ulteriori analisi. Nella figura 5.4.3 sono riassunti i principali risultati della revisione.

Table 3 Intervention effects on foot function during gait and running and dynamic balance

Study / Design	Methodological quality	Outcome domain	Selected outcome measure	Intervention group			Control group			Intervention vs. control group		Narrative summary of findings on PFM strength
				Baseline Mean ± sd	Follow-up Mean ± sd	Within group SMD	Baseline Mean ± sd	Follow-up Mean ± sd	Within group SMD	Between group difference from baseline	Between group SMD in change from baseline ^c	
Taddell et al. [39] Randomized controlled trial	High	Foot and ankle biomechanics	MLA ROM (°)	4.2 ± 2.4	3.6 ± 2.3	-0.6	4.2 ± 2.4	4.6 ± 2.2	4.6 ± 1.8	-0.6	0.26	MIR assessed PFM volume was significantly increased in IG as opposed to CG, whereas CSA and toe plantar flexion strength remained unchanged
Okamura et al. [40] Randomized controlled trial	High	Ground reaction forces	GRF vertical impulse in second half of stance (N·s)	65.9 ± 7.9	67.9 ± 6.5	2.0	74.3 ± 7.0	73.5 ± 6.5	73.5 ± 6.5	2.8	0.37 [†]	
		Foot and ankle biomechanics	Navicular drop (mm)	6.2 ± 1.7	6.2 ± 1.5	0.0	5.9 ± 2.6	5.4 ± 2.5	5.4 ± 2.5	0.5	-0.23	US assessed PFM thickness in IG and CG remained unchanged
Mitsumoto et al. [38] Pre-post intervention study	Low	Ground reaction forces	GRF vertical in second half of stance (% BW)	109.1 ± 4.5	108.3 ± 5.7	-0.8	107.5 ± 6.2	108.4 ± 6.5	108.4 ± 6.5	-1.7	-0.31	
		Spatiotemporal parameters	Stance phase duration (ms)	610.1 ± 36.8	600.4 ± 34.5	-9.7	623.6 ± 36.8	618.8 ± 47.1	618.8 ± 47.1	-4.9	0.13	
		Foot and ankle biomechanics	MLA compression (°)	3.72 ± 6.8	3.65 ± 9.8	-0.07	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Toe grip strength in IG was significantly increased
Lynn et al. [53] Randomized controlled trial	High	Spatiotemporal parameters	Gait speed (m/s)	0.33 ± 0.02	0.33 ± 0.04	0.00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
		Dynamic balance	YBT mediolateral CoP excursion for non-dominant stance leg (mm)	52.4 ± 4.5	48.1 ± 5.1	-9.3	47.8 ± 7.8	48.1 ± 5.5	48.1 ± 5.5	-9.6	1.48 [†]	n/a
Lee and Choi [54] Randomized controlled trial	Moderate	Dynamic balance	YBT composite reach distance (% leg length)	66.8 ± 9.6	70.9 ± 8.7	6.1 ^b	65.4 ± 8.7	66.7 ± 9.1	66.7 ± 9.1	3.8 ^b	0.41 [†]	n/a

Fig. 5.4.3 a. Effetti dei protocolli interventivi sulla funzionalità del piede durante il cammino, la corsa e nella prova di equilibrio dinamico

TABLE 4 Intervention effects on foot function during gait and running and dynamic balance (continued)

Study / Design	Methodological quality	Outcome domain	Selected outcome measure	Intervention group			Control group			Intervention vs. control group		Narrative summary of findings on PIRM strength
				Baseline Mean ± sd	Follow-up Mean ± sd	Within group mean difference	Baseline Mean ± sd	Follow-up Mean ± sd	Between group difference in change from baseline	Between group SMD in change from baseline ^c		
Mulligan et al. [56] Pre-post intervention study	Moderate	Dynamic balance	SEBT reach distance in medial direction (cm)	57.8 ± 7.4	61.6 ± 6.6	3.8	n/a	n/a	0.54 ^d	n/a	n/a	n/a
Tudor et al. [55] Non-randomized controlled trial	Low	Dynamic balance	SEBT reach distance in the lateral direction (% leg length)	54.8 ± 5.4 ^d	53.6 ± 9.6 ^d	-1.2	59.0 ± 9.5 ^a	55.6 ± 6.9 ^a	-0.15	2.2	0.27	n/a
Lee et al. [57] Pre-post intervention study	Low	Dynamic balance	Medio-lateral center of gravity displacement index score as a response to a moving platform	3.4 ± 1.0	1.5 ± 0.8	-1.9	n/a	n/a	1.98 ^{ab}	n/a	n/a	n/a
Ma et al. [61] Pre-post intervention study	Low	Dynamic balance	YBT composite reach distance (% leg length)	97.0 ^d ± 7.5 ^{ad}	96.0 ^d ± 7.3 ^{ad}	-1.0	n/a	n/a	-0.13	n/a	n/a	n/a
Kim et al. [59] Pre-post intervention study	Low	Dynamic balance	YBT composite reach distance (% leg length)	74.3 ± 8.3	82.4 ± 7.4	8.1	n/a	n/a	0.97 ^a	n/a	n/a	n/a
Pisak et al. [60] Pre-post intervention study	Low	Dynamic balance	YBT reach distance of right leg in postrolateral direction	61.1 ± 5.2	65.1 ± 5.1	4.0	n/a	n/a	0.78 ^a	n/a	n/a	n/a

Studies are sorted by outcome domain and in descending order according to methodological quality. † significant group x time interaction effect. * significant effect for time in the intervention group. ^{ab} significance not reported. sd: standard deviation, SMD: standardized mean difference, PIRM: plantar intrinsic foot muscles, MLEA: medial longitudinal arch, ROM: range of motion, CoP: center of pressure, IG: intervention group, CG: control group, CSA: cross-sectional area, GRF: ground reaction force, BW: body weight, US: ultrasound, YBT: Y-balance test, SEBT: star excursion balance test. ^a sd derived from the reported standard error of the mean (SEM) * \sqrt{n} . ^b value adopted from the article. ^c positive values indicate an improvement in the outcome measure favoring the intervention and vice versa. ^d value estimated from graph.

Fig. 5.4.3 b. Effetti dei protocolli interventivi sulla funzionalità del piede durante il cammino, la corsa e nella prova di equilibrio dinamico (continuazione)

Solo cinque studi con campioni di piccole dimensioni avevano una qualità metodologica sufficiente per essere inclusi nella sintesi dei dati. Ciò indica che si sa poco dell'effetto degli interventi di potenziamento PIFM sulla funzione dinamica correlata alle cadute. I risultati erano limitati agli effetti dei soli interventi di allenamento della forza in una popolazione prevalentemente giovane. Le prove a bassa certezza hanno rivelato l'effetto benefico degli esercizi di potenziamento PIFM sulla GRF verticale. Evidenze di bassissima certezza hanno mostrato che l'allenamento di forza PIFM ha migliorato il controllo

dinamico dell'equilibrio. Inoltre, sono mancate prove dell'effetto degli esercizi di potenziamento del PIFM sulla cinematica del MLA (medial longitudinal foot arch= arco plantare longitudinale mediale).

Per il controllo dinamico dell'equilibrio, le evidenze a bassissima certezza hanno mostrato un miglioramento dopo un programma di rafforzamento del PIFM. Sebbene i diversi studi abbiano consistentemente dimostrato un miglioramento dopo l'intervento, sono state riscontrate problematiche non solo sul rischio di bias, ma anche sugli strumenti e sulle misure utilizzate. È notevole che un grande effetto (SMD: 1,43) sia stato dimostrato solo dallo studio con le minori problematiche su tutti questi aspetti (Lynn 2012). Questo studio di alta qualità ha valutato la direzione mediolaterale dell'equilibrio, che è la più rilevante dal punto di vista delle PIFM. È stato anche l'unico studio che ha utilizzato una strumentazione molto accurata (ad esempio, una pedana di forza) per valutare l'equilibrio durante l'esecuzione di un test di estensione delle gambe. Al contrario, gli altri due studi (Lee 2019, Mulligan 2013) hanno misurato manualmente la distanza raggiunta dalla gamba, che è semplicemente il risultato di un movimento misurato in un momento, piuttosto che una misura del controllo dell'equilibrio durante il compito di allungamento massimale di un piede stando in appoggio sull'altro (Pionnier 2016). Questo fa sì che sia discutibile il rapporto tra la prestazione di raggiungimento in un test di equilibrio dinamico (ad esempio SEBT, YBT), che è anche prevalentemente applicabile a individui fisicamente attivi (Gribble 2012), e il controllo dell'equilibrio durante la deambulazione (Sibley 2015), che è l'argomento di interesse quando si parla di rischio di caduta.

Mentre gli studi che hanno valutato l'equilibrio come risultato dell'intervento hanno tutti applicato esercizi PIFM isolati (ad esempio, esercizio del piede corto), nessuno di essi ha valutato anche la forza PIFM. Ciò implica che il miglioramento non è il risultato di muscoli estrinseci del piede più forti, né può essere attribuito con certezza a muscoli intrinseci del piede più forti. L'effetto dell'intervento potrebbe essere mediato da meccanismi diversi dall'aumento della forza, come il miglioramento del controllo neuromuscolare (Lee 2019), della propriocezione o della sensazione plantare (Gabriner 2015). Potrebbe essersi verificato anche un effetto di apprendimento, dato che gli SMD dei cambiamenti

rispetto al basale tra i gruppi erano al massimo del 18% più piccoli degli SMD all'interno del gruppo degli stessi studi (Lynn 2012, Lee 2019).

La scarsità di studi sugli anziani è notevole, poiché è noto che questa popolazione presenta una minore capacità di produzione di forza da parte dei PIFM (Mickle 2016) e concomitanti carenze nell'andatura che sono correlate al ruolo dei PIFM. Gli adulti anziani sembrano rispondere all'allenamento della forza dei PIFM come gli adulti più giovani per quanto riguarda l'adattamento neurale e muscolare (Chodzko-Zajko 2009), ma potenzialmente possono trarre maggiori benefici per quanto riguarda i miglioramenti funzionali.

Gli esercizi PIFM sono di natura complessa, come dimostra la curva di apprendimento nell'esecuzione motoria del compito (Fraser 2019) e l'incapacità di eseguire questi esercizi anche da parte di adulti più giovani (Jung 2020). Sia la diminuzione delle informazioni afferenti che il ridotto controllo motorio, in combinazione con la natura complessa degli esercizi PIFM, sono alla base della discutibilità dell'allenamento puramente PIFM per il rafforzamento dei PIFM negli adulti più anziani.

L'unico studio con un effetto benefico significativo sulla funzione dell'andatura (Taddei 2020) consisteva in un programma completo di esercizi per il piede e la caviglia che includeva il sollevamento del tallone. Tali esercizi sono caratteristici dell'allenamento funzionale e dell'equilibrio, che è stato raccomandato come tipo di allenamento primario negli interventi di prevenzione delle cadute, piuttosto che solo l'allenamento di forza (Sherington 2019). In effetti, il sollevamento del tallone è un aspetto comune dei programmi di prevenzione delle cadute (Vogler 2009, Ansai 2015, Morrison 2018). Inoltre, gli anziani che hanno partecipato a un programma podologico polivalente hanno mostrato una riduzione del numero di cadute, attribuita prevalentemente agli esercizi per i piedi e le caviglie (Spink 2011). Sebbene siano comuni nei programmi di prevenzione delle cadute, solo pochi studi (Nagai 2011, Taddei 2020, Fourchet 2011) hanno indagato l'effetto degli esercizi di rafforzamento del piede e della caviglia sui parametri dinamici dell'equilibrio e dell'andatura correlati alle cadute e uno studio (Taddei 2020) ha valutato contemporaneamente una misura della forza delle PIFM. Per comprendere meglio il ruolo dei PIFM

nei benefici degli esercizi funzionali per piedi e caviglie come componenti dei programmi di prevenzione delle cadute e per formulare le relative raccomandazioni, gli studi futuri dovrebbero valutare i cambiamenti nella forza o nella capacità di forza dei PIFM associandoli ai parametri relativi alla funzione dinamica del piede e al controllo dell'equilibrio.

Concentrandosi sui risultati riguardanti il controllo dinamico dell'equilibrio, entrambi gli studi che hanno analizzato l'effetto di un breve programma di esercizi per i piedi della durata di 4 settimane (Lynn 2012, Mulligan 2013) e lo studio in cui i partecipanti sono stati arruolati in un programma più completo di esercizi per il PIFM della durata di 6 settimane (Lee 2019) hanno mostrato un miglioramento significativo delle prestazioni su un test di equilibrio dinamico nel gruppo di intervento (SMD: 0,54-1,83) che non era presente nel gruppo di controllo.

Poiché l'unico studio di alta qualità (Lynn 2012) presentava anche alcune carenze metodologiche (ad esempio, nessuna descrizione dell'aderenza/partecipazione e della cecità del valutatore) che hanno portato a problematiche sul rischio di bias, la certezza dell'evidenza è stata declassata di due livelli. A causa dell'imprecisione dei risultati (ad esempio, piccola dimensione del campione), il livello di evidenza per l'effetto dell'intervento di rafforzamento del PIFM sul miglioramento dell'equilibrio dinamico è stato ulteriormente declassato a un grado finale di "molto basso".

Conclusioni: Pur riconoscendo alcune evidenze nei risultati dei lavori esaminati, gli autori concludono che questa revisione ha riscontrato, nella migliore delle ipotesi, prove di bassa certezza che gli esercizi di rafforzamento del PIFM migliorino la funzione del piede durante la deambulazione e prove di bassissima certezza del suo effetto favorevole sul controllo dinamico dell'equilibrio. Ciò si basa sui risultati di un numero limitato di studi di alta qualità con piccoli campioni di giovani adulti prevalentemente sani. Al fine di sviluppare l'insieme delle prove a favore del rafforzamento delle PIFM dal punto di vista della prevenzione delle cadute, sono necessari studi di alta qualità che mirino a indagare l'effetto degli esercizi di rafforzamento funzionale rivolti alle PIFM in ampi campioni di adulti anziani. I parametri dei risultati devono essere correlati al rischio di caduta e al

ruolo dei PIFM, come le forze propulsive o l'equilibrio durante la deambulazione, associati alle misure di forza delle PIFM.

5.5 Allenamento dell'equilibrio basato sulle perturbazioni esterne ai fini della riduzione delle cadute negli adulti anziani: Evidenze attuali e implicazioni per la pratica clinica (Gerards 2017)

Nella revisione di Gerards (2017) si inizia dal considerare come l'allenamento con compiti motori specifici ha portato a un crescente interesse per un nuovo approccio chiamato allenamento dell'equilibrio basato sulle perturbazioni (PBT= perturbation-based balance training) (Pai 2007, Maki 2008). Il PBT è una modalità di intervento compito-specifico che mira a migliorare il controllo reattivo dell'equilibrio (cioè le reazioni rapide all'instabilità) dopo perturbazioni destabilizzanti in un ambiente sicuro e controllato. I partecipanti sono esposti a perturbazioni inattese dell'equilibrio (ad esempio accelerazioni del tapis roulant, trazioni con cinture sui fianchi, spostamenti su cavi, spinte da parte del terapeuta, ecc.) che avvengono durante le azioni della vita di relazione come star in piedi, camminare o alzarsi. Il lavoro si è concentrato sulla ricerca sistematica di studi sulla PBT con adulti anziani al fine di: (i) esaminare le caratteristiche degli studi di PBT condotti finora su adulti anziani che hanno valutato l'incidenza prospettica delle cadute; e (ii) utilizzando queste evidenze bibliografiche, presentare e discutere una serie di considerazioni per l'applicazione della PBT in ambito clinico, come le caratteristiche della perturbazione (tipo, direzione, entità, ecc.) e il programma di allenamento (frequenza, volume), che potrebbero influenzare la fattibilità e l'efficacia della PBT per la riduzione delle cadute tra gli adulti anziani in ambito clinico.

Metodi: Sono stati selezionati per l'inclusione gli studi che hanno effettuato il PBT con adulti anziani (età media ≥ 60 anni), che hanno riportato dati sulle cadute dopo l'intervento e che hanno incluso un gruppo di controllo. Gli studi che hanno effettuato PBT, ma che non hanno fornito dettagli specifici sull'intervento, sono stati esclusi dalla sintesi principale. Nella presente revisione sono stati presi in considerazione studi su adulti an-

ziani sani, adulti anziani ad alto rischio o fragili, nonché adulti anziani con disturbi neurologici che soddisfacevano i criteri di cui sopra. L'intero processo di ricerca e inclusione è illustrato nella figura 5.5.1. La ricerca ha prodotto 802 record e quattro articoli sono stati identificati attraverso altre fonti. Dopo aver eliminato i duplicati, sono stati esaminati 672 titoli. Lo screening dei titoli ha escluso 489 record, dopodiché i restanti 183 abstract sono stati valutati per l'inclusione. Sono stati quindi valutati 32 full text e otto articoli hanno soddisfatto tutti i criteri di inclusione. Nella figura 5.5.2 è riportato un riepilogo di tutti gli articoli inclusi.

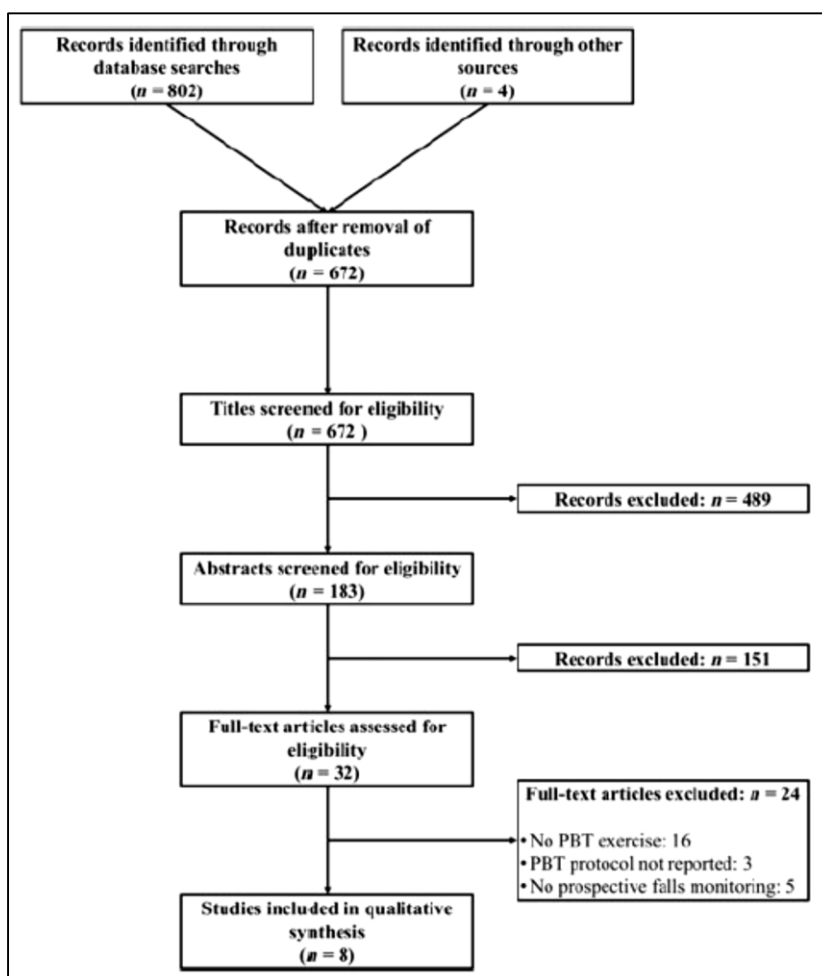


Fig. 5.5.1. Diagramma di flusso della revisione delle fonti bibliografiche (da Gerards 2017)

Risultati: sono stati condotti tre studi sulla PBT con anziani sani e residenti in comunità che hanno monitorato prospetticamente le cadute e hanno incluso un gruppo di controllo (Mansfield 2015, Pai 2014; Rosenblatt 2013). Rosenblatt et al. hanno esaminato gli effetti della PBT sull'incidenza delle cadute nell'arco di un anno di 82 donne residenti in comunità (età media 65,4 anni, DS 7,8 anni) che hanno ricevuto 2 settimane (quattro sessioni di

1 ora) di PBT (accelerazioni su tapis roulant) rispetto a un gruppo di controllo. Durante il follow-up di un anno, il gruppo di controllo (n = 80) ha sperimentato 31 cadute probabilmente evitabili legate all'inciampo (cioè è stato possibile effettuare un passo di compensazione), rispetto a un numero significativamente inferiore di 17 cadute probabilmente evitabili legate all'inciampo nel gruppo d'intervento (Rosenblatt 2013).

Anche Pai et al. hanno riscontrato una riduzione significativa dell'incidenza di cadute dopo il PBT (67 anziani residenti in comunità hanno completato il PBT e il follow-up di 1 anno; età media 72 anni, DS 5,5 anni) (Pai 2014). I partecipanti sono stati esposti a un solo scivolamento o a una singola sessione di PBT di 24 scivolamenti non annunciati. Durante il periodo di follow-up di 12 mesi, il gruppo di intervento ha registrato una riduzione del 50% (dal 34% al 15%, $P < 0,05$) dell'incidenza di cadute, mentre non si è osservata alcuna variazione nell'incidenza di cadute nel gruppo di controllo, che aveva una probabilità di caduta 2,3 volte superiore rispetto a quelli del gruppo di intervento nel periodo di follow-up di 12 mesi.

Infine, Mansfield et al. (2010) hanno esaminato gli effetti della PBT per 6 settimane, utilizzando una piattaforma mobile durante la posizione eretta per allenare le reazioni di passo compensatorio e di presa palmare (aggrapparsi) negli adulti anziani, e hanno riscontrato effetti benefici sulle risposte di recupero dell'equilibrio alle perturbazioni in laboratorio.

Due studi hanno esaminato gli effetti della PBT sull'incidenza delle cadute tra gli anziani fragili o ad alto rischio (Shimada 2004, Lurie 2013). Shimada et al. hanno esaminato gli effetti dell'aggiunta di 600 minuti di PBT a un intervento di esercizio fisico di 6 mesi già esistente, consistente in esercizi di equilibrio, forza, resistenza e antidolorifici, sull'incidenza delle cadute in un gruppo di 15 residenti in strutture di assistenza a lungo termine e di pazienti ambulatoriali ad alto rischio di caduta (4 erano pazienti con morbo di Parkinson, 4 erano pazienti con ictus, 8 erano pazienti con osteoartrite del ginocchio, i restanti 16 non avevano una diagnosi specifica). Durante il periodo di follow-up di 6 mesi, il numero di cadute è risultato inferiore del 21% nel gruppo di intervento rispetto al

gruppo di controllo, il che, pur essendo clinicamente rilevante, non è risultato statisticamente significativo ($P = 0,384$) rispetto al gruppo di controllo.

Tre studi hanno esaminato gli effetti del PBT sull'incidenza delle cadute nella vita quotidiana degli anziani con malattia di Parkinson (Protas 2005, Smaia 2010, Shen 2015). Protas et al. hanno studiato gli effetti di 8 settimane di PBT, in combinazione con l'allenamento dell'andatura, in nove uomini con malattia di Parkinson idiopatica da lieve a moderata e hanno dimostrato una riduzione significativa delle cadute nelle 2 settimane successive al periodo di allenamento, rispetto alle 2 settimane precedenti. Smania et al. hanno condotto uno studio simile in 28 adulti anziani con malattia di Parkinson da moderata a grave. In questo studio, l'allenamento dell'equilibrio di 7 settimane che incorporava il PBT è stato confrontato con l'esercizio fisico generale per gli effetti sull'incidenza delle cadute durante e per 1 mese dopo l'intervento. Il PBT ha portato a una riduzione significativa delle cadute durante e a una riduzione non significativa dopo l'intervento rispetto al mese precedente. Rispetto al gruppo di controllo, il gruppo PBT ha registrato un numero significativamente inferiore di cadute sia durante che dopo l'intervento. Infine, Shen e Mak hanno riportato un numero significativamente inferiore di cadute in adulti anziani con malattia di Parkinson con livello definibile lieve-moderato durante un follow-up di 15 mesi, dopo un allenamento dell'equilibrio di 3 mesi che includeva il PBT, rispetto ai partecipanti che avevano completato un allenamento di forza.

Conclusioni: Nella vita quotidiana, le cadute tendono a verificarsi durante l'esecuzione di un movimento (ad esempio, camminare o passare dalla posizione eretta a quella seduta) e raramente si verificano durante una posizione eretta tranquilla (Robinovitch 2013, Berg 1997). Pertanto, le perturbazioni dovrebbero essere applicate durante i compiti, come camminare, spostare il peso e alzarsi da una sedia (Shimada 2004, Lurie 2013, Pavol 2004). Le cadute possono verificarsi anche in circostanze ambientali diverse che pongono sfide sensoriali e meccaniche al controllo dell'equilibrio (ad esempio, al buio/alla luce scarsa o in presenza di ostacoli che impediscono di camminare) e possono verificarsi quando l'individuo è distratto. Pertanto, i programmi di PBT dovrebbero considerare l'aggiunta di sfide sensoriali, ambientali e cognitive durante l'addestramento per favorire

l'estensione del miglioramento del controllo reattivo dell'equilibrio a situazioni realistiche della vita di relazione.

Gli autori infine concludono con le seguenti considerazioni. La PBT sembra essere un approccio fattibile per ridurre le cadute negli anziani in ambito clinico. Sulla base delle evidenze attuali, sembra che i sistemi basati su tapis roulant e le perturbazioni applicate dal terapeuta siano i metodi più pratici in ambito clinico e che la PBT che incorpora più tipi di perturbazioni e direzioni possa essere di maggior beneficio.

Table 1 Overview of included studies that administered perturbation-based balance training to older adults

Study	Design	Participants	Perturbation type	Protocol	Falls monitoring	Main outcome
Mansfield <i>et al.</i> ¹⁹	RCT	Healthy, n = 16, 70.3 years (4.7 years)	Moveable platform in four directions	3 × 30 min/week for 6 weeks	Prospective for 1 year	No significant differences in falls incidence, but not powered for this measure
Pai <i>et al.</i> ²¹	RCT	Healthy, n = 67, 72 years (5.5 years)	Moveable platform simulating a slip	1 session of 24 slips	Prospective for 1 year	Intervention led to a significant decrease (34% to 15%) in falls incidence, no change in the control group
Rosenblatt <i>et al.</i> ²²	RCT	Healthy, n = 82, 65.4 years (7.8 years)	Treadmill belt accelerations during standing	4 × 1 h over 2 weeks	Prospective for 1 year	Significantly fewer (17 vs 31) likely preventable trip-related falls (17) in the intervention group compared to control group
Lurie <i>et al.</i> ²⁴	Randomized pilot study	High risk, n = 26, 81.1 years (6.53 years)	Treadmill belt accelerations and decelerations during standing and walking	5.84 sessions of 44.25 min (means)	Retrospective: 3 months preceding and 3 months after the intervention	Non-significant difference in PBT group expending falls (19% vs 33%) and injurious falls (8% vs 18%) compared with controls
Shimada <i>et al.</i> ²³	RCT	High risk, n = 15, 81.8 years (5.9 years) †	Treadmill belt decelerations during walking	600 min of PBT over 6 months	Prospective for 6 months	Non-statistically significant decrease (21%) in falls in the PBT group
Protas <i>et al.</i> ²⁵	RCT	Parkinson's disease, n = 9, 71.3 years (7.4 years)	Treadmill belt accelerations during standing while facing and sideways	3× per week for 8 weeks	Prospective: 2 weeks preceding and 2 weeks after the intervention	The PBT group experienced a significant reduction in falls in the 2 weeks after the training period, in comparison to the 2 weeks before the training
Shan and Mak ²⁶	RCT	Parkinson's disease, n = 22, 63.3 years (8.0 years)	Treadmill belt accelerations during stance and therapist pushes during walking	3-5× per week for 12 weeks of balance training incorporating PBT	Prospective: 12 months after the intervention	Significantly fewer falls during follow up in the PBT group than in the control group
Smunia <i>et al.</i> ²⁷	RCT	Parkinson's disease, n = 28, 67.64 years (7.41 years)	Standing on foam and moveable platforms while a therapist pulled the participant	3 × 50mins of balance training with PBT, per week for 7 weeks	Retrospective 1 month preceding, during and 1 month after the intervention	Significant reduction in falls during and a non-significant reduction after the intervention in PBT group. The PBT group experienced significantly fewer falls than controls both during and after PBT.

†Age data from all participants who started the intervention (n = 18), just 15 completed the study. PBT, perturbation-based balance training; RCT, randomized controlled trial.

Fig. 5.5.2. Quadro riassuntivo degli studi sulla somministrazione del PBT negli anziani (da Gerards 2017)

5.6 L'effetto della superficie di appoggio e delle condizioni delle calzature sull'oscillazione posturale e sull'azione dei muscoli degli arti inferiori delle donne anziane (Huang 2020)

Nelle donne che vivono in comunità, la maggior parte delle cadute avviene in casa a causa di fattori ambientali come il pavimento irregolare (Talbot 2005, Nachreiner 2007). In effetti, uno stimolo sensoriale inaffidabile proveniente dalla superficie instabile deteriorerebbe ulteriormente il controllo posturale (Shaffer 2007, Melzer 2004, Bisson 2014, Wu 1997). Sebbene le superfici instabili si incontrino comunemente in vari ambienti della vita quotidiana, compresi i tappeti spessi, è indispensabile sviluppare strategie pratiche per migliorare la stabilità posturale degli anziani. Le calzature sono un modo economico per modulare la stabilità posturale aumentando le sensazioni cutanee plantari (Kenny 2019, Aboutorabi 2016, Lopez 2015). Un approccio semplice è quello di facilitare la sensazione applicando delle tacche sulla soletta della calzatura per stimolare i meccanorecettori (Kenny 2019, Aboutorabi 2016, Lopez 2015). Ad esempio, è stato riportato che le solette rigide con superfici a fossette e a griglia riducono l'oscillazione posturale delle persone anziane rispetto alla condizione di piedi nudi (Qiu 2012, Lord 1996, Hatton 2011, Palluel 2008) o alle scarpe senza soletta strutturata. Inoltre, le solette dure possono migliorare efficacemente la stabilità posturale quando l'input visivo è assente per gli anziani (Iglesias 2012), mentre le solette con trama morbida sono state unanimemente ritenute dannose per il controllo posturale degli anziani (Kenny 2019).

Esiste quindi il dubbio che una soletta rigida con dentellature potrebbe migliorare il controllo posturale ma creare disagio agli utenti, il che potrebbe limitarne l'applicazione.

Per risolvere il problema, è stata sviluppata un'innovativa soletta strutturata applicando bottoncini (dentellature) di silicone nell'area del metatarso, del tallone e dell'arco plantare. Il meccanismo di base comprende: (1) (Hill 1999) meccanorecettori che si trovano principalmente nella regione metatarso-tarsale e del tallone della pianta del piede (Kennedy 2002); (2) le indagini sulla stimolazione elettrica specifica di queste aree hanno comportato un conseguente miglioramento dell'equilibrio (Zehr 2014); (3) le dentellature rialzate creano un confine sulla superficie plantare dalle teste metatarsali al tallone che è

stato suggerito per facilitare le reazioni di stabilizzazione posturale evocate da una perturbazione posturale imprevedibile (Maki 1999). Gli autori hanno proposto che questo design mantenga in gran parte il comfort degli utenti, facilitando al contempo l'input somato-sensoriale plantare, in particolare su una superficie instabile che è comune ma rischiosa per le donne anziane.

Questo studio, quindi, si proponeva di indagare l'effetto immediato della nuova soletta strutturata a bottoncini (dentellature) e della condizione della superficie di appoggio sulla stabilità posturale statica e sull'attivazione muscolare degli arti inferiori nelle donne anziane. È stato ipotizzato che, rispetto alle scarpe normali e ai piedi nudi, l'innovativa soletta strutturata potrebbe migliorare significativamente la stabilità posturale e ridurre al minimo l'attivazione muscolare degli arti inferiori, in particolare sopra la superficie in schiuma.

Metodi: 23 donne anziane indipendenti che vivono in comunità sono state reclutate attraverso un campionamento selezionato. I criteri di inclusione erano: (1) età superiore ai 60 anni; (2) capacità di seguire semplici istruzioni verbali; (3) nessun pregresso di lesioni al piede negli ultimi due anni. I criteri di esclusione comprendevano: (1) avere condizioni neurologiche e problemi muscolo-scheletrici che potrebbero influire sull'equilibrio; (2) essere affetti da contrattura o glaucoma; (3) persone con ridotta sensibilità tattile del piede.

Ciascun partecipante è stato poi sottoposto a tre diverse condizioni di calzatura: a piedi nudi, scarpe semplici in morbida spugna e scarpe con soletta a bottoncini con supporto dell'arco mediale e sporgenze in silicone in corrispondenza delle teste metatarsali e del tallone laterale. La condizione di piede nudo è stata simulata posizionando delle solette sensibili alla pressione sulla parte inferiore del piede e fissandole con calzini di cotone standard di 1,4 mm di spessore. I partecipanti sono stati istruiti a mantenere una posizione eretta e tranquilla su superfici solide (ad esempio, pavimento in cemento) e in schiuma (46,5 cm (L) × 46,5 cm (L) × 4,5 cm (H); 0,0764 g/cm³, StimUp1 Balance Pad, Will Medical, Tokyo, Giappone) con gli occhi aperti nelle tre condizioni di calzatura. Le condizioni sperimentali erano quindi sei e sono state eseguite in ordine randomizzato. La

postura in piedi è stata standardizzata secondo il metodo utilizzato in uno studio precedente: i piedi erano distanti 17 cm dal centro del tallone, con un angolo di eversione del piede di 14°. È stato chiesto loro di stare fermi con le mani lungo i fianchi e di guardare un bersaglio visivo fisso (cioè una macchia rossa di 2 cm di diametro) posto all'altezza degli occhi e a 3 m di fronte ai partecipanti e di distribuire il peso corporeo equamente su ciascun piede. In ogni condizione, i partecipanti sono stati testati tre volte per 30 secondi e tra una condizione e l'altra è stato concesso un periodo di riposo di un minuto (Hatton 2009).

Il segnale EMG di superficie è stato acquisito con un sistema EMG wireless a 8 canali (Clinical DTS, Noraxon USA Inc., AZ, USA). Dopo un'adeguata preparazione della pelle, sono stati posizionati quattro elettrodi bipolari circolari Ag/AgCl (diametro elettrodo: 10 mm, distanza interelettrodica: 22 mm) sul bicipite femorale (BF), sul vasto laterale (VL), sul tibiale anteriore (TA) e sul gastrocnemio laterale (LG) della gamba dominante, secondo le raccomandazioni del Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM- Hermes 1999). I segnali grezzi sono stati preamplificati 1.000 volte e campionati a 3.000 Hz con filtro passa-basso da 500 Hz. Prima del test di stabilità posturale, le contrazioni volontarie massime (MVC) di ciascun muscolo sono state raccolte per 5 s utilizzando una resistenza manuale (Murley 2009) e ripetute tre volte con un periodo di riposo di cinque minuti tra ogni test MVC.

Risultati: Sono stati osservati effetti significativi della superficie di appoggio per tutte le variabili EMG e la stabilità posturale ($p < 0,001$), ad eccezione della lunghezza totale del percorso e della velocità COP (centro di pressione podalica). I parametri di oscillazione posturale e l'EMGmvc% sono stati significativamente maggiori quando si stava in piedi sulla schiuma.

I risultati hanno dimostrato che la soletta strutturata a bottoncini migliora la postura sulla superficie di schiuma. In particolare, (1) rispetto alla superficie solida, lo stare in piedi sulla schiuma può aumentare significativamente l'oscillazione del corpo e l'attivazione muscolare dell'arto inferiore, indipendentemente dalle condizioni della calzatura; (2) quando si sta in piedi sulla schiuma, rispetto ai piedi nudi, l'indossare una calzatura può

diminuire immediatamente l'attivazione muscolare dell'arto inferiore e ridurre al minimo l'oscillazione posturale in direzione ML e AP (medio-laterale, antero-posteriore), mentre l'influenza è maggiore per le scarpe a bottoncini rispetto a quelle semplici; (3) non sono state osservate differenze significative tra le condizioni della calzatura per la stabilità statica e l'attivazione muscolare nella condizione di superficie rigida.

5.7 Studio sperimentale pilota sugli effetti di un tappetino spugnoso a densità variabile per l'attivazione propriocettiva durante la deambulazione

In questo studio pilota si è voluto indagare il possibile effetto di esercizi di equilibrio statico e dinamico (deambulazioni varie) condotti su un tappetino spugnoso di nuova generazione (Medium Density-Mat assemblaggio di materiali viscoelastici a memoria, poliuretano, polietilene) ai fini della sollecitazione del sistema propriocettivo podalico. In bibliografia sono riscontrabili alcuni studi sugli effetti dell'interfaccia piede-suolo ai fini della regolazione della postura e della deambulazione (Huang 2020, Park 2021, Qiu 2012) con risultati più o meno coerenti. L'approccio del presente studio è volto a verificare gli effetti acuti di un intervento in cui vengono somministrati alcuni esercizi di deambulazione e di bilanciamento statico eseguiti su una superficie spugnosa (fig. 5.7.1) tramite i quali vengono sollecitati i meccanismi della propriocezione podalica e delle relative catene muscolari posturali.

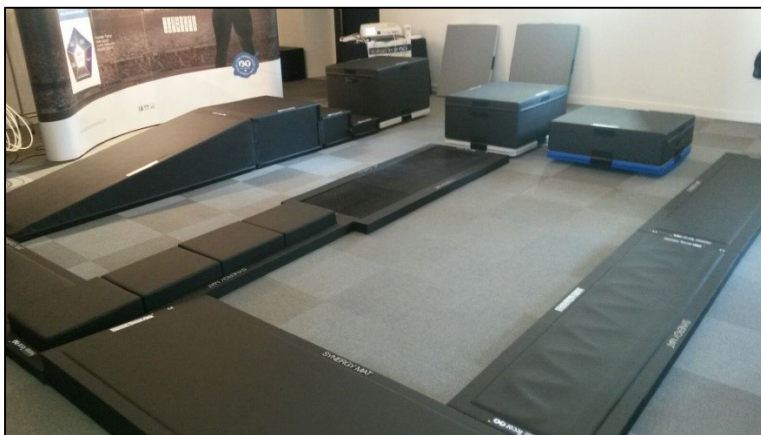


Fig. 5.7.1 Esempio di percorso costituito dall'assemblaggio di tappetini) con diversa conformazione del profilo superficiale e caratteristiche di densità del materiale (Medium-Density-Stones-Dunes ecc.)

Metodi: all'esperimento ha partecipato un soggetto che presenta problematiche di equilibrio (65 anni, altezza 180 cm, massa 90 kg). Come parametro di riferimento per l'analisi quantitativa è stata considerata l'attivazione muscolare che viene rilevata con il metodo della elettromiografia di superficie secondo le linee guida SENIAM (European Recommendation for Surface ElectroMyography, Hermens 1999).

Per l'analisi elettromiografica sono state utilizzate 6 sonde wireless preamplificate (banda 10-500 Hz) del dispositivo FreeEMG 1000 (BTS S.p.A. MI, Italia) applicate ad elettrodi con connessione a clip Ambu Blue Sensor il cui sensore è realizzato in Ag/AgCl aderente alla pelle mediante gel e con un'area di rilevazione del segnale di 28 mm² (guadagno 1000, impedenza di entrata >100Ω, CMRR 95 dB). I segnali sono stati acquisiti a 1 kHz, risoluzione di 16 bit con l'ausilio del software BTS SMART capture.

I muscoli scelti sono: muscolo lombare - erettore spinale (ESP), vasto mediale (VME); bicipite femorale (BIF), gastrocnemio mediale (GAS), soleo (SOL) e tibiale anteriore (TAN). Il segnale grezzo acquisito è stato elaborato con l'algoritmo del Root Mean Square (RMS).

$$\text{RMS}(t) = 1/\sqrt{T} \int x^2(t) dt$$

Dopo questa operazione il segnale compare come una curva seghettata di cui si può calcolare il valore medio. A titolo di esempio, in figura 5.7.2 vengono riportati gli andamenti temporali della prova del cammino prima e dopo il trattamento.

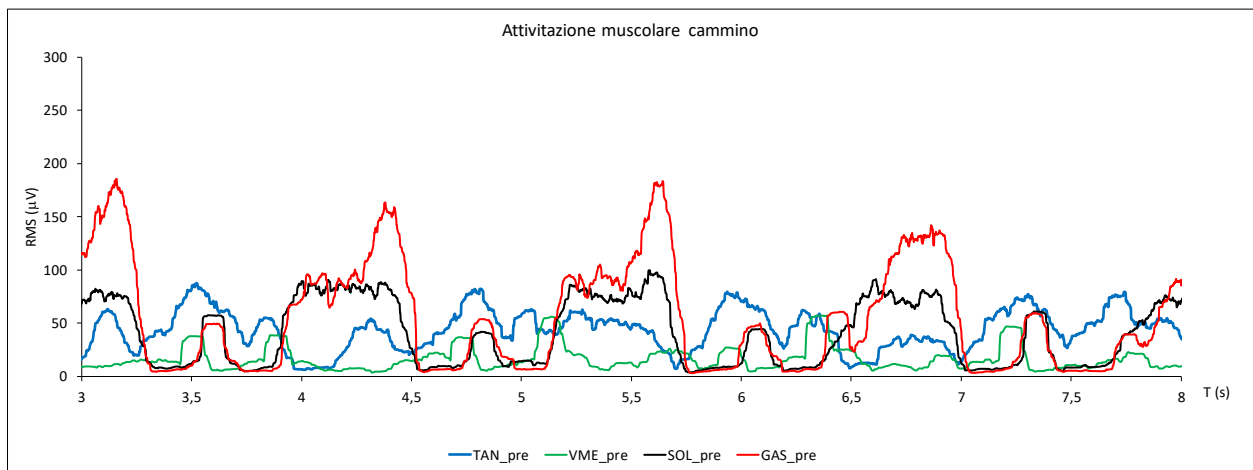


Fig. 5.7.2. Andamento temporale dell'attivazione muscolare (RMS) di muscoli dell'arto inferiore durante quattro cicli del cammino.

Il protocollo sperimentale prevedeva il seguente svolgimento:

1. 5 minuti di esercizi di allungamento muscolare
2. Test di ortostatismo posturale con le seguenti modalità: ad occhi aperti (OA), ad occhi chiusi (OC) ad occhi chiusi su un supporto spugnoso (OC-spu). Per ogni situazione il soggetto deve rimanere per 30 s il più fermo possibile.
3. Test del cammino su superficie rigida

4. Vengono poi eseguiti esercizi di deambulazione e di piegamenti e rotazioni sul tappetino specifico per una durata di circa 6 minuti
5. Al termine della fase precedente si ripetono le procedure 3) e 4).

Risultati: Considerando le prove di ortostatismo posturale nel confronto post-pre trattamento si sono evidenziate differenze nell'attivazione di alcuni muscoli. Nella figura 5.6.3 sono riportate i valori medi delle differenze dell'attivazione RMS calcolate come differenza tra i valori post-trattamento meno i valori pre-trattamento ed espressi in percentuale rispetto al valore massimale registrato per ogni singolo muscolo. Differenza positive significano che i valori maggiori sono presenti nella prova post trattamento e viceversa.

Per entrambe le condizioni ad occhi aperti (OA) e chiusi (OC) su superficie rigida i muscoli TAN e VME mostrano differenze positive, cioè un'attivazione maggiorata, dopo il trattamento. Per il muscolo TAN si nota anche una tendenza inversa della differenza a seconda della condizione della vista. Ad occhi aperti la differenza aumenta in funzione dei periodi della media raggiungendo un massimo di 58% negli ultimi 10 s (grafico A in fig. 5.7.3). Questa tendenza si inverte se gli occhi sono chiusi (grafico B in fig. 5.7.3). il muscolo VME mostra le stesse differenze positive per entrambe le condizioni (OA, OC), mentre il muscolo ESP evidenzia una diminuzione dell'attivazione (differenza negativa) dopo il trattamento. Queste variazioni del pattern di attivazione denotano una diversa gestione del controllo delle catene muscolari posturali ed indicano una possibile posteriorizzazione del centro di massa rispetto alla base di appoggio.

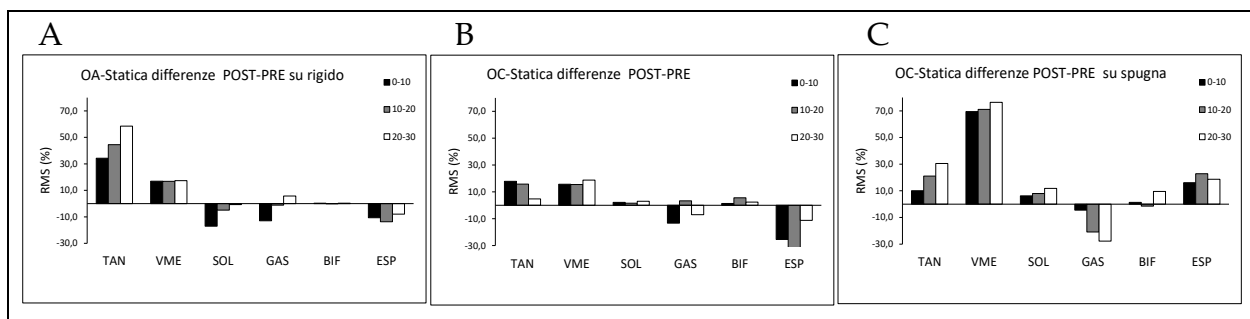


Fig. 5.7.3. Confronto dell'attivazione muscolare media (in percentuale rispetto al massimo riscontrato) nel test di ortostatismo (30 s) calcolata come differenza tra il test dopo (POST) e prima (PRE) gli esercizi di propriocezione sul tappetino. Valori positivi indicano una maggiore attivazione dopo il trattamento e viceversa. I colori delle barre indicano gli intervalli di tempo progressivi (ogni 10 s) dei quali si è calcolata la media.

Considerando le prove del cammino si sono evidenziate alcune variazioni del pattern muscolare che, tuttavia, non sono statisticamente significative. Come si evince dalla figura 5.7.4, dopo la somministrazione degli esercizi di propriocezione, i muscoli che mostrano delle variazioni sono; il TAN con un parziale aumento dell'intensità massima; il GAS con una riduzione del tempo di attivazione e parzialmente un aumento dell'intensità; il VME con un aumento dell'attivazione media e infine il ESP con una riduzione dell'intensità. Si conferma quindi anche per il cammino un possibile effetto acuto dovuto all'intervento degli esercizi fisici.

Conclusioni: questi dati, essendo ricavati da un'analisi di un solo caso non rappresentano un campione e, quindi, non si possono trarre conclusioni definitive statisticamente comprovate. Inoltre, ai fini di una interpretazione più completa, ai dati elettromiografici vanno aggiunti i parametri classici posturografici (baropodometria) indicanti le condizioni biomeccaniche della regolazione dell'equilibrio sia statico che dinamico.

Per la verifica delle ipotesi dedotte dai risultati di questo studio pilota sarà quindi necessario formulare uno studio futuro senza le limitazioni qui esposte.

Da questo punto vista sono già in atto programmi di trattamento analogo con percorsi specifici differenziati per gruppi di appartenenza (bambino, adulto, anziano) e in relazione a diversi obiettivi (rieducazione motoria generalizzata, miglioramento dell'equilibrio statico e dinamico, prevenzione e riabilitazione delle cadute, allenamento sportivo specifico) come rappresentato nelle immagini riassuntive di figura 5.7.5.

A tal riguardo sono presenti significative esperienze in campo clinico che controprovano le ipotesi sopra menzionate e che, appunto, dovranno essere convalidati da corrispondenti studi sperimentali.

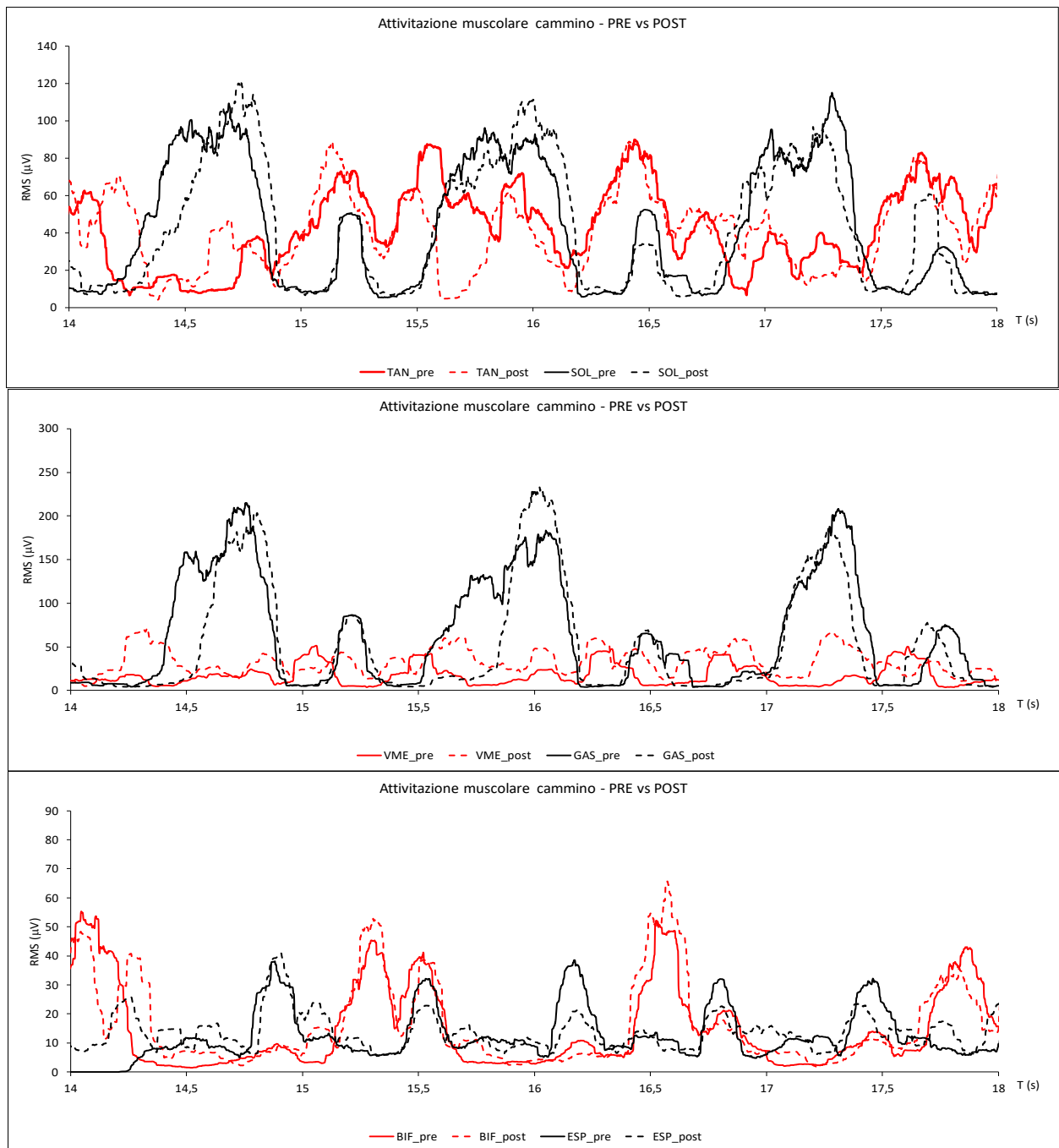


Fig. 5.7.4. Andamento temporale dell'attivazione muscolare durante il cammino prima (pre) e dopo (post) gli esercizi di propriocezione svolti sulla superficie spugnosa

Nell'ottica di una prossima fase sperimentale si può ipotizzare la verifica di effetti acuti e duraturi dei seguenti protocolli di esercizi:

- 1- Camminata sui vari synergy mat sia ad occhi aperti che occhi chiusi.
- 2- Camminata sulla cornice del synergy mat, sia ad occhi aperti che chiusi
- 3- Stazionamento in ortostatismo sia monopodalico (bilaterale) che bipodalico occhi aperti e occhi chiusi.
- 4- camminata all'indietro sia ad occhi aperti che chiusi

5- 1/4 di squat (o flessione minima) sia monopodalico che bipodalico ad occhi aperti e occhi chiusi.

6- step-up su cuscino morbido del modulo multypillow sia ad occhi aperti che chiusi.

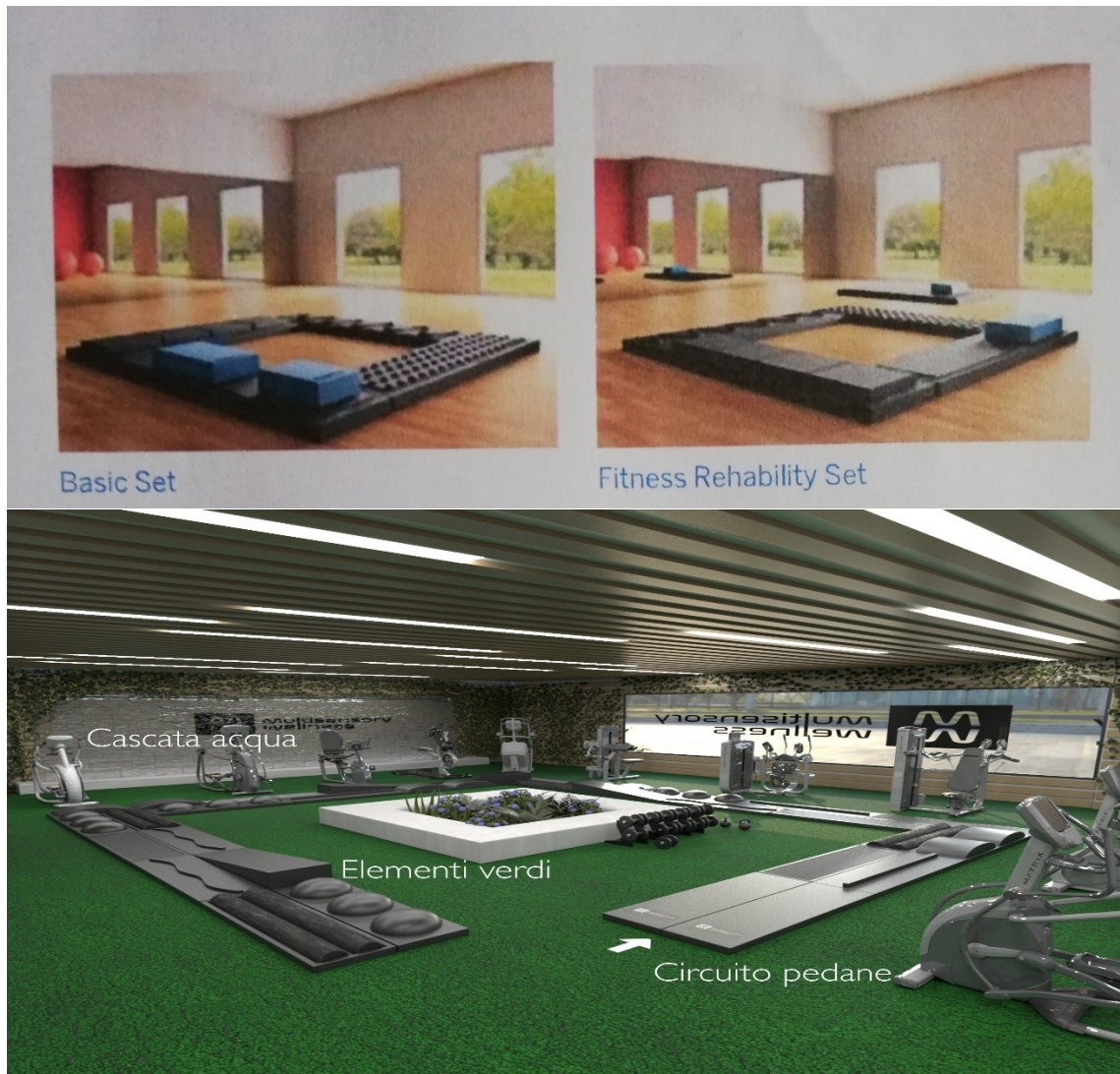


Fig. 5.7.5. Esempi di percorsi per la stimolazione dei processi propriocettivi differenziati a seconda delle finalità generali. Si noti anche il corredo di attrezzature per l'allenamento della forza come sottolineato da alcuni autori

Gli esercizi sulle diverse pedane hanno il fine di dare più stimoli propriocettivi possibili, e, una volta raggiunto un buon livello di stabilità e correttezza nell'esecuzione, si cerca di "togliere" l'afferenza visiva facendo chiudere gli occhi al paziente.

6 CONCLUSIONI

La narrativa delle revisioni prese in esame e i singoli studi analizzati permettono di trarre alcune considerazioni con riferimento sia alla metodologia di valutazione che agli effetti dell'esercizio fisico sulla prevenzione delle cadute.

I ricercatori che hanno a che fare con il rischio di caduta, dovrebbero essere incoraggiati a riportare sempre i cutpoint, i valori Sn (sensibilità) e Sp (specificità), se non il numero di partecipanti che sono "veri positivi" e "veri negativi". In questo modo i medici possono considerare più facilmente la PoTP (probabilità del post-test) quando interpretano le prestazioni di un individuo anziano. Ulteriori studi sull'influenza dell'avanzare dell'età e del livello di attività fisica sul rischio di caduta sono certamente raccomandati. La coerenza nel modo in cui le misure sono implementate e valutate nei vari studi migliorerebbe l'interpretazione dei risultati collettivi. Molte delle misure incluse nelle tabelle di evidenza sembrano promettenti come predittori di cadute future, ma si basano su singoli studi con campioni di piccole dimensioni. È importante indagare sull'utilità di queste misure, anche solo per restringere la gamma dei possibili indicatori del rischio di caduta a un gruppo più ristretto. Ci sono infatti oggi troppe misure utilizzate per valutare il rischio di caduta nella ricerca e nella pratica clinica: aumentare il numero di studi prospettici aiuterebbe a restringere la gamma di misure possibili.

Un altro ambito relativo alle metodiche di valutazione comprende l'utilizzo della posturografia. In una revisione recente Quijoux et al (2019) hanno concluso che l'affidabilità delle misurazioni del COP (centro di pressione sulla base di appoggio) bipede sembra essere elevata tra i diversi protocolli di studio e sembra quindi ragionevole supporre che la ripetizione delle misure non farà che aumentare questa affidabilità. Un limite ipotizzabile, e potenzialmente importante, di questa revisione sistematica è la mancanza di informazioni sui partecipanti e sui protocolli di test negli articoli inclusi. In particolare, le circostanze delle cadute possono essere variabili confondenti fondamentali: alcune misure di COP potrebbero essere associate alle cadute solo in particolari circostanze e non in altre. Nonostante i numerosi vantaggi della posturografia, la diversità degli studi che

esplorano l'equilibrio negli anziani che cadono ha portato all'incertezza sulla capacità del metodo di identificare in modo affidabile gli anziani a rischio di caduta. Secondo gli autori quindi, è necessario che i ricercatori indaghino ulteriormente le caratteristiche del parametro COP per creare modelli migliori utilizzabili in un'ottica di prevenzione delle cadute.

Altri metodi riguardano l'applicabilità di tecnologie moderne di monitoraggio a lungo termine quali gli accelerometri (giroscopi, ecc.) facilmente indossabili anche per soggetti anziani. In una revisione recente (Bet 2019) in cui sono stati analizzati 17 studi nei quali i sensori maggiormente utilizzati erano gli accelerometri, gli autori evidenziano una certa standardizzazione negli studi sul rilevamento degli eventi correlati alle cadute negli anziani. L'accelerometro, con una frequenza di campionamento di 50-100 Hz, è stato il sensore più utilizzato per catturare i segnali dell'andatura in esame; la vita e la zona lombare sono state le sedi più comuni di applicazione. Per quanto riguarda l'elaborazione del segnale, i metodi che utilizzano solo il confronto delle caratteristiche estratte dal segnale accelerometrico sono ancora i più utilizzati, ma si è osservato un aumento dei metodi di apprendimento automatico (Machine Learning) per questa funzione. Tuttavia, alcuni aspetti non hanno ancora un senso comune, come la dimensione del campione da studiare, il tipo di popolazione da studiare e quali test dovrebbero essere utilizzati per questo compito, sebbene i test funzionali siano stati identificati come i più comuni in bibliografia. L'applicazione più comune è stata quella di identificare il rischio di cadute, anche se non c'è consenso tra gli autori sul modo in cui questo fattore è stato valutato.

Le prove attuali sulla prevenzione delle cadute suggeriscono un approccio mirato all'esercizio fisico piuttosto che una promozione più generale dell'attività fisica. L'importanza dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute suggerisce di prestare maggiore attenzione all'implementazione diffusa di un approccio all'invecchiamento sano lungo tutto l'arco della vita, vale a dire l'esercizio fisico per tutta la vita per massimizzare il funzionamento fisico in età avanzata, come suggerito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità [26]. Sebbene il follow-up degli studi variasse da 3 a 18 mesi nel confronto principale, è probabile che l'introduzione di abitudini di esercizio per la prevenzione delle cadute

nelle persone che vivono in comunità possa avere benefici a lungo termine. Questi risultati evidenziano anche l'importanza di un esercizio fisico continuativo. Poiché è possibile che gli interventi volti ad aumentare l'attività fisica possano incrementare le cadute a causa di una maggiore esposizione al rischio, suggeriamo a coloro che intraprendono studi sugli interventi di attività fisica negli anziani di prendere in considerazione il monitoraggio delle cadute. Le revisioni più aggiornate forniscono prove ad alta certezza che i programmi di esercizio fisico ben progettati riducono il tasso di cadute tra gli anziani che vivono in comunità di circa il 25%. Una maggiore disponibilità e diffusione di questi programmi è una sfida urgente per i fornitori di servizi sanitari e di esercizio fisico a livello globale e per i sistemi di supporto sociale

7 INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI

Tabella 3.1 – Lista dei criteri necessari per l'inclusione di uno studio nell'analisi sistematica (Moher 2009)

Tab. 4.1 Definizione dei fenomeni di caduta nei corrispondenti studi

Fig. 3.1. Schema riassuntivo del diagramma di flusso per la selezione degli studi secondo le direttive della Preferred Reporting Items for Review and Meta-Analysis

Fig. 4.2.1. Fattori estrinseci ed intrinseci di rischio di caduta

Fig. 4.2.2. Caratteristiche del campione in esame

Fig. 4.2.3. Correlazione tra la scala internazionale di efficacia delle cadute (FES-I) e alcune variabili

Fig. 4.2.4. Schema riassuntivo dei fattori di rischio di caduta

Fig. 4.3.1. Compiti motori costituenti il test BBS e distribuzione del punteggio dei 14 test valutati da 6 terapisti indipendentemente

Fig. 4.3.2. Procedimento della selezione delle fonti

Fig. 4.3.3. Dati demografici e dei risultati riportati nei test dell'AMBI e del POMA suddivisi nei due gruppi: sperimentali (study group) e di controllo (control group)

Fig. 4.3.4. Confronto dei criteri di identificazione di rischio di caduta. Per il POMA il valore di cut-off è <20, per AMBI è > 5 e sono comparati con il criterio standard come riportato nel pregresso dei casi di caduta nel gruppo sperimentale (Panzer 2011). Le lettere in apice significano A) vero positivo, soggetti con un pregresso di cadute correttamente identificati come a rischio di caduta (RDC), B) falso positivo, soggetti non correttamente identificati come RDC, C) falso negativo, soggetti non correttamente identificati come non RDC, D) vero negativo, soggetti con nessun pregresso di cadute correttamente identificati come non RDC

Fig. 4.3.5. Test/misure utilizzati come termini di ricerca e misure aggiuntive identificate durante la revisione degli articoli recuperati

Fig. 4.3.6. Schema del procedimento di selezione degli studi secondo il metodo PRISMA. In totale sono stati esaminati 2294 abstract; questi includevano 500 duplicati e 1430 che non soddisfacevano immediatamente i criteri di inclusione. Sono stati recuperati, esaminati e

- valutati 364 articoli full-text: altri 269 non soddisfacevano i criteri di inclusione. I dati sono stati estratti dai restanti 95 articoli; 57 di questi contenevano informazioni necessarie per il calcolo della probabilità post-test
- Fig. 4.3.7. Sommario degli indicatori di rischio di una o più cadute future basati su una probabilità pre-test del 30% (PrTP)
- Fig. 5.1.1. Algoritmo per la stratificazione del rischio di caduta, la valutazione e gli interventi per adulti anziani che vivono in una comunità
- Fig. 5.1.2. Mezzi potenziali ed approcci per la valutazione multifattoriale del rischio di caduta
- Fig. 5.1.3. Tabella riassuntiva delle tipologie di esercizio fisico e della loro somministrazione nella prevenzione delle cadute. GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, and Evaluation) è il punteggio di valutazione relativo
- Fig. 5.1.4. Descrizione della scala di valutazione GRADE modificata
- Fig. 5.2.1. Diagramma di flusso della revisione delle fonti bibliografiche
- Fig. 5.2.2. Sommario dei risultati generali e dell'analisi dei sottogruppi
- Fig. 5.2.3. Impatto stimato per il dosaggio e il tipo di esercizio ai fini del rischio di cadute
- Fig. 5.3.1. Diagramma di flusso (PRISMA) con i criteri di inclusione delle fonti bibliografiche
- Fig. 5.3.2. Caratteristiche incluse nella sintesi quantitativa
- Fig. 5.3.3. Descrizione dei protocolli di allenamento per ciascun lavoro considerato
- Fig. 5.4.1. Diagramma di flusso (PRISMA) con i criteri di inclusione delle fonti
- Fig. 5.4.2. a-b. Caratteristiche degli studi inclusi suddivise per ambito di risultati e ordinate in successione a seconda della qualità metodologica
- Fig. 5.4.3 a-b. Effetti dei protocolli interventivi sulla funzionalità del piede durante il cammino, la corsa e nella prova di equilibrio dinamico
- Fig. 5.5.1. Diagramma di flusso della revisione delle fonti bibliografiche
- Fig. 5.5.2. Quadro riassuntivo degli studi sulla somministrazione del PBT negli anziani
- Fig. 5.7.1 Esempio di percorso costituito dall'assemblaggio di tappetini) con diversa conformazione del profilo superficiale e caratteristiche di densità del materiale (Medium-Density-Stones-Dunes ecc.)
- Fig. 5.7.2. Andamento temporale dell'attivazione muscolare (RMS) di muscoli dell'arto inferiore durante quattro cicli del cammino
- Fig. 5.7.3. Confronto dell'attivazione muscolare media (in percentuale rispetto al massimo riscontrato) nel test di ortostatismo (30 s) calcolata come differenza tra il test dopo (POST) e prima (PRE) gli esercizi di propriocezione sul tappetino. Valori positivi indicano una maggiore attivazione dopo il trattamento e viceversa. I colori delle barre indicano gli intervalli di tempo progressivi (ogni 10 s) dei quali si è calcolata la media
- Fig. 5.7.4. Andamento temporale dell'attivazione muscolare durante il cammino prima (pre) e dopo (post) gli esercizi di propriocezione svolti sulla superficie spugnosa
- Fig. 5.7.5. Esempi di percorsi per la stimolazione dei processi propriocettivi differenziati a seconda delle finalità generali

8 BIBLIOGRAFIA

- Adelhafiz AH, Austin CA. Visual factors should be assessed in older people presenting with falls or hip fracture. *Age and Ageing* 2003;32:26–30.
- Aboutorabi A, Bahramizadeh M, Arazpour M, Fadayevatan R, Farahmand F, Curran S, et al. A systematic review of the effect of foot orthoses and shoe characteristics on balance in healthy older subjects. *Prosthetics and orthotics international*. 2016; 40(2):170–81. <https://doi.org/10.1177/0309364615588342> PMID: 26112468
- Alcock L, Vanicek N, O'Brien TD. Alterations in gait speed and age do not fully explain the changes in gait mechanics associated with healthy older women. *Gait Posture*. 2013;37(4):586–92. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.023>.
- Alexander BH, Rivara FP, Wolf ME. The cost and frequency of hospitalization for fall-related injuries in older adults. *American Journal of Public Health* 1992;82(July (7)):1020–3.
- Amboni M, Barone P, Hausdorff JM. Cognitive contribution to gait and falls: evidence and implications. *Mov Disord* 2013;28:1520–33.
- Ambrose FA, Paul G, Hausdorff JM. Risk factors for falls among older adults: A review of the literature. *Maturitas* 2013 ;75 51-61
- American Geriatrics Society. Guidelines for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*. 2001;49(5):664–72.
- Ansai JH, Aurichio TR, Goncalves R, et al. Effects of two physical exercise protocols on physical performance related to falls in the oldest old: a randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int* 2016; 16:492–9. [10.1111/ggi.12497](https://doi.org/10.1111/ggi.12497).
- Ansai JH, Rebelatto JR. Effect of two physical exercise protocols on cognition and depressive symptoms in oldest-old people: a randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int*. 2015;15(9):1127–34. <https://doi.org/10.1111/ggi.12411>.
- Aoyama M, Suzuki Y, Onishi J, Kuzuya M. Physical and functional factors in activities of daily living that predict falls in community-dwelling older women. *Geriatr Gerontol Int* 2011;11(3):348–57.
- Arkkukangas M, Johnson ST, Hellstrom K, Anens E, Tonkonogi M, Larsson U. Fall prevention exercises with or without behavior change support for community-dwelling older adults: a two-year follow-up of a randomized controlled trial. *J Aging Phys Act*. 2019:1–26.
- Arvin M, Mazaheri M, Hoozemans MJM, Pijnappels M, Burger BJ, Verschueren SMP, et al. Effects of narrow base gait on mediolateral balance control in young and older adults. *J Biomech*. 2016;49(7):1264–7. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.03.011>.
- Avdic D, Pecar D. Significance of specificity of B-POMA test and fall risk factor in the third age of life. *Bos J Basic Med Sci*. 2006; 6 (1): 50-57.
- Bachman JC. Specificity vs. generality in learning and performing two large muscle motor tasks. *Res Q Am Assoc Health Phys Educ Recreation* 1961; 32 (1): 3–11.
- Bacsi AM, Colebatch JG. Evidence for reflex and perceptual vestibular contributions to postural control. *Experimental brain research*. 2005; 160(1):22–8. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-1982-2> PMID: 15322784
- Barak Y, Wagenaar RC, Holt KG. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach. *Physical Therapy* 2006; 86(November (11)):1501–10.
- Barbalho MSM, Gentil P, Izquierdo M, et al. There are no no-responders to low or high resistance training volumes among older women. *Exp Gerontol* 2017;99:18–26. [10.1016/j.exger.2017.09.003](https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.09.003)
- Barnett A, Smith B, Lord SR, et al. Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomised controlled trial. *Age Ageing* 2003;32:407–14.
- Battaglia G, Bellafiore M, Bianco A, et al. Effects of a dynamic balance training protocol on podalic support in older women. Pilot Study. *Aging Clin Exp Res* 2010;22:406–11. [10.3275/6713](https://doi.org/10.3275/6713).
- Behling AV, Nigg BM. Relationships between the foot posture index and static as well as dynamic rear foot and arch variables. *J Biomech*. 2020;98: 109448. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.109448>.
- Bellafiore M, Battaglia G, Bianco A, et al. Improved postural control after dynamic balance training in older overweight women. *Aging Clin Exp Res* 2011;23:378–85. [10.3275/7354](https://doi.org/10.3275/7354).

- Bembom O, van der Laan M, Haight T, et al. Leisure-time physical activity and all-cause mortality in an elderly cohort. *Epidemiology* 2009; 20:424–30. 10.1097/EDE.0b013e31819e3f28.
- Berg K, Wood-Dauphine S, Williams J, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *PhysiotherCan* 1989;41(6):304–11.
- Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 1992;83(Suppl 2):S7–11.
- Berg WP, Alessio HM, Mills EM, Tong C. Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. *Age Ageing* 1997; 26 (4): 261–268.
- Bet P, Castro PC, Pointi MA. Fall detection and fall risk assessment in older person using wearable sensors: A systematic review. *Int J Med Inform.* 2019 Oct;130:103946
- Bieryla KA. Xbox Kinect training to improve clinical measures of balance in older adults: a pilot study. *Aging Clin Exp Res* 2016;28:451–7. 10.1007/s40520-015-0452-y.
- Bird ML, Fell J. Positive long-term effects of Pilates exercise on the aged-related decline in balance and strength in older, community-dwelling men and women. *J Aging Phys Act* 2014;22:342–7. 10.1123/japa.2013-0006.
- Bisson EJ, Lajoie Y, Bilodeau M. The influence of age and surface compliance on changes in postural control and attention due to ankle neuromuscular fatigue. *Experimental brain research.* 2014; 232 (3):837–45. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3795-7> PMID: 24368599
- Bohm S, Mademli L, Mersmann F, Arampatzis A. Predictive and reactive locomotor adaptability in healthy elderly: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2015; 45 (12): 1759–1777.
- Boulgarides LK, McGinty SM, Willett JA, Barnes CW. Use of clinical and impairment-based tests to predict falls by community-dwelling older adults. *Phys Ther* 2003;83(4):328–39.[
- Brauer SG, Burns YR, Galley P. A prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55(8):M469–76.
- Brewer BW, Cornelius AE, Van Raalte JL, Tennen H, Armeli S. Predictors of adherence to home rehabilitation exercises following anterior cruciate ligament reconstruction. *Rehabil Psychol.* 2013;58(1):64–72. <https://doi.org/10.1037/a0031297>.
- Brogna L, Navarro-Flores E, Iachemet L, Serra-Catala´ N, Cauli O. Beneficial Effect of Foot Plantar Stimulation in Gait Parameters in Individuals with Parkinson’s Disease. *Brain Sciences.* 2020; 10(2):69.
- Buatois S, Manckoundia P, Gueguen R, et al. Five times sit to stand test is a predictor of recurrent falls in healthy community-living subjects aged 65 and older. *J Am Geriatr Soc.* 2008 ; 56 (8): 1575-1577 .
- Buchner DM, Hornbrook MC, Kutner NG, et al. Development of the common data base for the FICSIT trials. *Journal of the American Geriatrics Society* 1993;41(March (3)):297–308.
- Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle SBK, Buman MP, Cardon G, Carty C, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Bri J Sports Med (In Press, November 2020.* <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>.
- Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF, Jackson SL, Brown JS, Fitzgerald JL. Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. *Age and Ageing* 1990;19:136–41.
- Canning CGAN, Bloem BR, Keus SH, Munneke M, Nieuwboer A, et al. Interventions for preventing falls in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;3.
- Carty CP, Cronin NJ, Nicholson D et al. Reactive stepping behaviour in response to forward loss of balance predicts future falls in community-dwelling older adults. *Age Ageing* 2015; 44 (1): 109–115.
- Chandler JM, Duncan PW, Studenski SA. Balance performance on the postural stress test: comparison of young adults, healthy elderly, and fallers. *Physical Therapy* 1990;70:410–5.
- Chesnin KJ, Selby-Silverstein L, Besser MP. Comparison of an in-shoe pressure measurement device to a force plate: concurrent validity of center of pressure measurements. *Gait & posture.* 2000; 12 (2):128–33.
- Chiu AY, Au-Yeung SS, Lo SK. A comparison of four functional tests indiscriminating fallers from non-fallers in older people. *Disabil Rehabil* 2003;25(1):45–50.

- Chiu MC, Wu HC, Chang LY, Wu MH. Center of pressure progression characteristics under the plantar region for elderly adults. *Gait Posture*. 2013; 37(3):408–12. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.08.010>.
- Cho KH, Bok SK, Kim YJ, Hwang SL. Effect of lower limb strength on falls and balance of the elderly. *Ann Rehabil Med*. 2012; 36 (3): 386-393 .
- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510–30. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
- Chulvi-Medrano I, Colado JC, Pablos C, et al. A lower-limb training program to improve balance in healthy elderly women using the T-bow device. *Phys Sportsmed* 2009;37:127–35. [10.3810/psm.2009.06.1719](https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1719).
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed; 1988.
- Cummings SR, Nevitt MC, Kidd S. Forgetting falls. The limited accuracy of recall of falls in the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society* 1988;36(July (7)):613–6.
- Davis JC, Robertson MC, Ashe MC, Liu-Ambrose T, Khan KM, Marra CA. International comparison of cost of falls in older adults living in the community: a systematic review. *Osteoporosis International* 2010;21(August (8)):1295–306 [Epub 2010 February 27].
- Davis JCRM, Ashe MC, Liu-Ambrose T, Khan KM, Marra CA. Does a homebased strength and balance programme in people aged > or =80 years provide the best value for money to prevent falls? A systematic review of economic evaluations of falls prevention interventions. *Br J Sports Med*. 2010;44(2):80–9.
- Day EM, Hahn ME. Increased toe-flexor muscle strength does not alter metatarsophalangeal and ankle joint mechanics or running economy. *J Sports Sci*. 2019;37(23):2702–10. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1661562>.
- Deandrea S, Lucenteforte E, Bravi F, Foschi R, La Vecchia C, Negri E. Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology* 2010;21(5):658–68.
- Debbi EM, Wolf A, Goryachev Y, Yizhar Z, Luger E, Debi R, et al. In-shoe center of pressure: Indirect force plate vs. direct insole measurement. *The Foot*. 2012; 22(4):269–75.
- Delbaere K, Close JC, Heim J, et al. A multifactorial approach to understanding fall risk in older people. *J Am Geriatr Soc*. 2010; 58 (9): 1679-1685 .
- Delbaere K, Close JC, Mikolaizak AS, et al. The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age Ageing*. 2010; 39 (2): 210-216
- DePasquale L, Toscano L. The spring scale test; a reliable and valid tool for explaining fall history. *J Geriatr Phys Ther*. 2009; 32 (4): 159-167 .
- DeVita P, Hortobagyi T. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *J Appl Physiol*. 2000;88(5):1804–11. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.5.1804>.
- Dijkstra BW, Horak FB, Kamsma YP, Peterson DS. Older adults can improve compensatory stepping with repeated postural perturbations. *Front Aging Neurosci* 2015; 7: 201 <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00201>.
- Donath L, Faude O, Roth R, et al. Effects of stair-climbing on balance, gait, strength, resting heart rate, and submaximal endurance in healthy seniors. *Scand J Med Sci Sports* 2014;24: e93–101. [10.1111/sms.12113](https://doi.org/10.1111/sms.12113).
- Donoghue D, Physiotherapy Research and Older People group, Stokes EK. How much change is true change? The minimum detectable change of the Berg Balance Scale in elderly people. *J Rehabil Med* 2009;41(5):343–6.
- Dorresteyn TA, RixtZijlstra GA, VanEijs YJ, Vlaeyen JW, Kempen GI. Older people's preferences regarding programme formats for managing concerns about falls. *Age Ageing* 2012;41:474–81.
- Downs S, Marquez J, Chiarelli P. Normative scores on the Berg Balance Scale decline after age 70 years in healthy community-dwelling people: a systematic review. *J Physiother* 2014;60(2):85–9.
- Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health*. 1998; 52(6):377–84. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>.

- Dunsky A, Yahalom T, Arnon M, et al. The use of step aerobics and the stability ball to improve balance and quality of life in community dwelling older adults - a randomized exploratory study. *Arch Gerontol Geriatr* 2017; 71:66–74. 10.1016/j.archger.2017.03.003.
- Farris DJ, Kelly LA, Cresswell AG, Lichtwark GA. The functional importance of human foot muscles for bipedal locomotion. *Proc Natl Acad Sci U S A*.2019;116(5):1645–50. <https://doi.org/10.1073/pnas.1812820116>.
- Faulkner S, Burns D. Identifying modifiable environmental risk factors for falls in older people. *Inj Prev*. 2010; 16(Suppl 1):A254.
- Fernandez-Arguelles EL, Rodriguez-Mansilla J, Antunez LE, et al. Effects of dancing on the risk of falling related factors of healthy older adults: a systematic review. *Arch Gerontol Geriatr* 2015;60:1–8. 10.1016/j.archger.2014.10.003
- Ferrari E, Cooper G, Reeves ND, Hodson-Tole EF. Intrinsic foot muscles act to stabilise the foot when greater fluctuations in Centre of pressure movement result from increased postural balance challenge. *Gait Posture*. 2020;79:229– 33. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.03.011>.
- Ferrucci L, Guralnik JM, Studenski S, Fried LP, Cutler GB Jr. Interventions on frailty working group. designing randomized, controlled trials aimed at preventing or delaying functional decline and disability in frail, older persons. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:625–34.
- Fischer BL, Gleason CE, Gangnon RE, Janczewski J, Shea T, Mahoney JE. Declining cognition and falls: role of risky performance of everyday mobility activities. *PhysTher*2014;94:355–62.
- Fisher JP, Steele J, Gentil P, et al. A minimal dose approach to resistance training for the older adult; the prophylactic for aging. *Exp Gerontol* 2017;99:80–6. 10.1016/j.exger.2017.09.012
- Fleming J, Brayne C, Cambridge City over-75s Cohort (CC75C) Study Collaboration. Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90. *BMJ* 2008;337:a2227.
- Fletcher PC, Berg K, Dalby DM, Hirdes JP. Risk factors for falling among community-based seniors. *J Patient Saf*. 2009;5(2):61–6. <https://doi.org/10.1097/PTS.0b013e3181a551ed>.
- Florence CS, Bergen G, Atherly A, Burns E, Stevens J, Drake C. Medical costs of fatal and nonfatal falls in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2018, 66:693-8.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12:189–98.
- Fourchet F, Kuitunen S, Girard O, Beard AJ, Millet GP. Effects of combined foot/ankle electromyostimulation and resistance training on the in-shoe plantar pressure patterns during sprint in young athletes. *J Sport Sci Med*. 2011;10:292–300
- Franco MR, Howard K, Sherrington C et al. Eliciting older people’s preferences for exercise programs: a best-worst scaling choice experiment. *J physiother* 2015;61:34–41.
- Fransson P-A, Gomez S, Patel M, Johansson L. Changes in multi-segmented body movements and EMG activity while standing on firm and foam support surfaces. *European journal of applied physiology*. 2007; 101(1):81–9.
- Franz JR. The age-associated reduction in propulsive power generation in walking. *Exerc Sport Sci Rev*. 2016;44(4):129–36.
- Fraser JJ, Hertel J. Effects of a 4-week intrinsic foot muscle exercise program on motor function: a preliminary randomized control trial. *J Sport Rehabil*. 2019;28(4):339–49. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0150>.
- Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*. 2012; 141(1):2.
- Gabriner ML, Houston MN, Kirby JL, Hoch MC. Contributing factors to star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2015;41(4):912–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.013>.
- Ganz DA, Bao Y, Shekelle PG, et al. Will my patient fall? *JAMA* 2007; 297:77–86.
- Ganz DA, Latham NK. Prevention of falls in community-dwelling older adults. *N Engl J Med* 2020;382:734–43.
- Garofolini A, Taylor S. The effect of running on foot muscles and bones: a systematic review. *Hum Mov Sci*. 2019;64:75–88. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.01.006>.

- Gerards M.H, McCrum ., Mansfield A., MeijerK. Perturbation-based balance training for falls reduction among older adults: Current evidence and implications for clinical practice. *Geriatr Gerontol Int* 2017, 1-10
- Gibson MJ, Andres RO, Isacs B, Radebaug T, Worm-Petrsen J. The prevention of falls in later life. A report of the Kelloggs International Work on the prevention of falls by elderly. *Danish Medical Bulletin* 1987;34(Suppl. (4)):1–24.
- Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, et al. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;4: CD00034010.1002/14651858.CD000340
- Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson LM, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Coch Database Syst Rev*. 2012;9:CD007146.
- Goldacre MJ, Roberts SE, Yeates D. Mortality after admission to hospital with fractured neck of femur: database study. *BMJ* 2002;325(7369):868–9.
- Granacher U, Muehlbauer T, Bridenbaugh SA, et al. Effects of a salsa dance training on balance and strength performance in older adults. *Gerontology* 2012; 58:305–12. 10.1159/000334814.
- Greany JF, DiFabio RP. Models to predict fall history and fall risk for community-dwelling elderly. *Phys Occup Ther Geriatr* . 2010 ; 28 (3) : 280-296
- Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *J Athl Train*. 2012;47(3):339–57. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>.
- Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF,Blazer DG, et al. A short physical performance battery assessinglower extremity function: association with self-reported disabilityand prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*1994;49(2):M85–94.
- Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE *et al*. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008; 336:924–6
- HaagsmaJA,OlijBF,MajdanMetal.Fallsinolderagedadultsin22Europeancountries:incidence,mortalityandburdenofdiseasefrom1990to2017.*InjPrev*2020;26:i67–74.
- Harbord RM, Higgins JP. Meta-regression in Stata. *Stata J*. 2008; 8:493–1519. 22. Arkkukangas M, Johnson ST, Hellstrom K, Soderlund A, Eriksson S, Johansson AC. A feasibility study of a randomised controlled trial comparing fall prevention using exercise with or without the support of motivational interviewing. *Prev Med Rep*. 2015;2:134–40.
- Harrell Jr FE, Lee KL, Mark DB. Multivariable prognostic models:issues in developing models, evaluating assumptions and adequacy,and measuring and reducing errors. *Stat Med* 1996;15(4):361–87.
- Hatton AL, Dixon J, Martin D, Rome K. The effect of textured surfaces on postural stability and lower limb muscle activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009; 19(5):957–64.
- Hatton AL, Dixon J, Rome K, Martin D. Standing on textured surfaces: effects on standing balance in healthy older adults. *Age Ageing*. 2011; 40(3):363–8. Epub 2011/04/01. <https://doi.org/10.1093/ageing/ afr026> PMID: 21450692.
- Hatton AL, Rome K, Dixon J, Martin DJ, McKeon PO. Footwear interventions: a review of their sensorimotor and mechanical effects on balance performance and gait in older adults. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2013; 103(6):516–33. Epub 2013/12/04. <https://doi.org/10.7547/ 1030516> PMID: 24297988.
- Hausdorff JM, Rios DA, Edelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2001;82(8):1050–6.
- Heinrich S, Rapp K, Rissmann U, Becker C, König HH. Cost of falls in old age: a systematic review. *Osteoporosis International* 2010;21(June (6)):891–902.
- Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European recommendations for surface electromyography. *Roessingh research and development*. 1999; 8(2):13–54.
- Hernandez D, Rose DJ. Predicting which older adults will or will not fall using the Fullerton Advanced Balance scale. *Arch Phys Med Rehabil* . 2006 ; 89 (12) ; 2309-2315 .
- Herold F, Orlowski K, Bormel S, et al. Cortical activation during balancing on a balance board. *Hum Mov Sci* 2017; 51:51–8. 10.1016/j. humov.2016.11.002.

- Higgins JPT, Green S. Cochrane Collaboration. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, vol. xxi. Chichester and Hoboken: Wiley- Blackwell; 2011. p. 649.
- Hill K, Schwarz J, Flicker L, Carroll S. Falls among healthy, community-dwelling, older women: a prospective study of frequency, circumstances, consequences and prediction accuracy. *Australian and New Zealand journal of public health*. 1999; 23(1):41–8.
- Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture*. 2013;37(3):445–51. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.007>.
- Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther* 2009;89(5):484–98.
- Huang M, Pang MYC. Muscle activity and vibration transmissibility during whole-body vibration in chronic stroke. *Scand J Med Sci Sports*. 2019; 0(0). Epub 2019/02/15.
- Huffer D, Hing W, Newton R, Clair M. Strength training for plantar fasciitis and the intrinsic foot musculature: a systematic review. *Phys Ther Sport*. 2017; 24:44–52. <https://doi.org/10.1016/j.pts.2016.08.008>.
- Hughes DC, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018;8(6):1–17. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>.
- Iglesias MEL, de Bengoa Vallejo RB, Peña DP. Impact of soft and hard insole density on postural stability in older adults. *Geriatric Nursing*. 2012; 33(4):264–71. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2012.01.007> PMID: 22401984
- Inouye SK, Brown CJ, Tinetti ME. Medicare nonpayment, hospital falls, and unintended consequences. *The New England Journal of Medicine* 2009;360(23):2390–3.
- Inouye SK, Studenski S, Tinetti ME, Kuchel GA. Geriatric syndromes: clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *Journal of the American Geriatrics Society* 2007;55(May (5)):780–91.
- James SL, Lucchesi LR, Bisignano C, et al. The global burden of falls: global, regional and national estimates of morbidity and mortality from the global burden of disease study 2017. *Inj Prev* 2020;26:i3–11.
- Jensen JL, Brown LA, Woollacott MH. Compensatory stepping: the biomechanics of a preferred response among older adults. *Experimental Aging Research* 2001;27:361–76.
- Judge JO, Davis RB, Öunpuu S. Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. *J Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 1996;51(6): 303–12. <https://doi.org/10.1093/gerona/51A.6.M303>.
- Jung D, Yi C, Choi WJ, You JSH. Effect of dynamic guidance-tubing short foot gait exercise on muscle activity and navicular movement in people with flexible flatfeet. *NeuroRehabilitation*. 2020;47(2):1–10. <https://doi.org/10.3233/NRE-203106>
- Kathiresan G. Predicting Sensitivity and Specificity of the Berg Balance Scale and the Timed Up and Go Test of Residents in Old Age Home: A Prospective Study. *Indian Journal of Gerontology* 2010;24(1):38–48.
- Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *J R Soc Interface*. 2014;11(93):20131188. <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.1188>.
- Kelly LA, Kuitunen S, Racinais S, Cresswell AG. Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. *Clin Biomech*. 2012; 27(1):46–51. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.07.013>.
- Kelly LA, Lichtwark G, Cresswell AG. Active regulation of longitudinal arch compression and recoil during walking and running. *J R Soc Interface*. 2015; 12(102):20141076. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.1076>.
- Kelsey JL, Berry SD, Procter-Gray E, Quach L, Nguyen US, Li W, et al. Indoor and outdoor falls in older adults are different: the maintenance of balance, independent living, intellect, and Zest in the Elderly of Boston Study. *J Am Geriatr Soc* 2010;58(11):2135–41.
- Kelsey JL, Procter-Gray E, Berry SD, Hannan MT, Kiel DP, Lipsitz LA, et al. Reevaluating the implications of recurrent falls in older adults: location changes the inference. *J Am Geriatr Soc* 2012;60(3):517–24.

- Kennedy PM, Inglis JT. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *The Journal of physiology*. 2002; 538(3):995–1002.
- Kenny RP, Atkinson G, Eaves DL, Martin D, Burn N, Dixon J. The effects of textured materials on static balance in healthy young and older adults: A systematic review with meta-analysis. *Gait & posture*. 2019.
- Kim EK, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(11):3136–9. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3136>.
- King MB, Tinetti ME. Falls in community-dwelling older persons. *J Am Geriatr Soc*. 1995, 43:1146-54.
- Knobe M, Giesen M, Plate S, Gradl-Dietsch G, et al. The Aachen Mobility and Balance Index to measure physiological falls risk: a comparison with the Tinetti POMA Scale. *Eur J Trauma Emerg Surg* (2016) 42:537–545
- Ko Su, Ling SM, Winters J, Ferrucci L. Age-related mechanical work expenditure during normal walking: The Baltimore longitudinal study of aging. *Journal of Biomechanics* 2009;45(12):1834–9.
- Kopke S, Meyer G. The Tinetti test: babylon in geriatric assessment. *Z Gerontol Geriatr*. 2006;39(4):288–91.
- Kumar A, Carpenter H, Morris R, Iliffe S, Kendrick D. Which factors are associated with fear of falling in community dwelling older people? *Age Ageing*. 2014;43: 76-84. [PMID: 24100619]
- Kurihara T, Yamauchi J, Otsuka M, Tottori N, Hashimoto T, Isaka T. Maximum toe flexor muscle strength and quantitative analysis of human plantar intrinsic and extrinsic muscles by a magnetic resonance imaging technique. *J Foot Ankle Res*. 2014;7(1):2–7. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-7-26>.
- Kwan MM, Lin SI, Chen CH, et al. Minimal chair height standing ability is independently associated with falls in Taiwanese older people. *Arch Phys Med Rehabil* . 2011 ; 92 (7) : 1080-1085 .
- KwanMM,CloseJC,WongAK, LordSR.Fallsincidence,riskfactors,andconsequencesinChineseolderpeople:asystematicreview.*JAmGeriatrSoc*2011;59:536–43.
- Lacroix A, Kressig RW, Muehlbauer T, et al. Effects of a supervised versus an unsupervised combined balance and strength training program on balance and muscle power in healthy older adults: a randomized controlled trial. *Gerontology* 2016; 62:275–88. [10.1159/000442087](https://doi.org/10.1159/000442087).
- Lajoie Y, Gallagher SP. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Arch Gerontol Geriatr* 2004;38(1):11–26
- Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol*. 2013;4:1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>.
- Lamb SE, Becker C, Gillespie LD, Smith JL, Finnegan S, Potter R, et al. Reporting of complex interventions in clinical trials: development of a taxonomy to classify and describe fall-prevention interventions. *Trials*. 2011; 12:125.
- Lamb SE, Jørstad-Stein EC, Hauer K, et al. Development of a common outcome data set for fall injury prevention trials: the Prevention of Falls Network Europe consensus. *Journal of the American Geriatrics Society* 2005;53:1618–22.
- Landry SC, Nigg BM, Tecante KE. Standing in an unstable shoe increases postural sway and muscle activity of selected smaller extrinsic foot muscles. *Gait & posture*. 2010; 32(2):215–9.
- Latey PJ, Burns J, Hiller CE, Nightingale EJ. Relationship between foot pain, muscle strength and size: a systematic review. *Physiotherapy*. 2017;103(1): 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2016.07.006>.
- Leclerc BS, Begin C, Cadieux E, Goulet L, Allaire JF, Meloche J, et al. A classification and regression tree for predicting recurrent falling among community-dwelling seniors using home-care services. *Can J Public Health* 2009;100(4):263–7.
- Lee DR, Choi YE. Effects of a 6-week intrinsic foot muscle exercise program on the functions of intrinsic foot muscle and dynamic balance in patients with chronic ankle instability. *J Exerc Rehabil*. 2019;15(5):709–14. <https://doi.org/10.12965/jer.1938488.244>.

- Lee E, Cho J, Lee S. Short-foot exercise promotes quantitative somatosensory function in ankle instability: a randomized controlled trial. *Med Sci Monit.* 2019;25:618–26. <https://doi.org/10.12659/MSM.912785>.
- Lee IH, Park SY. Balance improvement by strength training for the elderly. *J Phys Ther Sci* 2013; 25:1591–3. 10.1589/jpts.25.1591.
- Lee SM, Cynn HS, Yoon TL, Lee JH. Effects of different heel-raise-lower exercise interventions on the strength of plantarflexion, balance, and gait parameters in stroke survivors. *Physiother Theory Pract.* 2017;33(9):706–15. <https://doi.org/10.1080/09593985.2017.1346024>.
- Lefebvre C, Manheimer E, Glanville J. Chapter 6: Searching for studies. In: Higgins JP, Green S, editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 (updated March 2011)*. The Cochrane Collaboration, 2011; 2011. Available from: Available from www.handbook.cochrane.org.
- Leiros-Rodriguez R, Garcia-Soidan JL. Balance training in elderly women using public parks. *J Women Aging* 2014;26:207–18. 10.1080/08952841.2014.888220.
- Leung DP, Chan CK, Tsang HW, et al. Tai chi as an intervention to improve balance and reduce falls in older adults: a systematic and meta-analytical review. *Altern Ther Health Med* 2011;17:40–8.
- Li F, Harmer P, Eckstrom E, Ainsworth BE, Fitzgerald K, Voit J, et al. Efficacy of exercise-based interventions in preventing falls among community-dwelling older persons with cognitive impairment: is there enough evidence? An updated systematic review and meta-analysis. *Age Ageing.* 2021 Sep 11;50(5):1557-68.
- Lima CA, Ricci NA, Nogueira EC, Perracini MR. The Berg Balance Scale as a clinical screening tool to predict fall risk in older adults: a systematic review. *Physiotherapy* 104 (2018) 383–394
- Lipsitz LA, Nakajima M, Gagnon M, et al. Muscle strength and fall rates among residents of Japanese and American nursing homes: an International Cross-Cultural Study. *J Am Geriatr Soc* 1994;42:953–9.
- Liu H, Frank A. Tai chi as a balance improvement exercise for older adults: a systematic review. *Arch Gerontol Geriatr* 2010;33:103–9.
- Liu JY. Fear of falling in robust community-dwelling older people: results of a cross-sectional study. *J Clin Nurs.* 2015;24:393-405. [PMID: 24787119]
- Lopez DL, Iglesias MEL, de Bengoa Vallejo RB, Lopez PP, Ponce A' M, Medrano AS, et al. Optimal choice of footwear in the elderly population. *Geriatric Nursing.* 2015; 36(6):458–61. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2015.07.003> PMID: 26275930
- Loram ID, Maganaris CN, Lakie M. Paradoxical muscle movement during postural control. *Medicine & science in sports & exercise.* 2009; 41(1):198–204.
- Lord SR, Bashford GM. Shoe characteristics and balance in older women. *J Am Geriatr Soc.* 1996; 44 (4):429–33. Epub 1996/04/01. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1996.tb06416.x> PMID: 8636591.
- Lord SR, Menz HB, Sherrington C. Home environment risk factors for falls in older people and the efficacy of home modifications. *Age Ageing.* 2006;35 Suppl 2:ii55-ii59. [PMID: 16926207]
- Lurie JD, Zagaria AB, Pidgeon DM, Forman JL, Spratt KF. Pilot comparative effectiveness study of surface perturbation treadmill training to prevent falls in older adults. *BMC Geriatr* 2013; 13: 49.
- Lusardi MM, Fritz S, Middleton A, Allison L, Wingood M, Phillips E, et al. Determining Risk of Falls in Community Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis Using Posttest Probability. *J Geriatr Phys Ther* 2017;40(1):1–36.
- Lynn SK, Padilla RA, Tsang KK. Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the shortfoot exercise versus the towel-curl exercise. *J Sport Rehabil.* 2012;21(4):327–33. <https://doi.org/10.1123/jsr.21.4.327>.
- Ma Y, Yin K, Zhuang W, Zhang C, Jiang Y, Huang J, et al. Effects of combining high-definition transcranial direct current stimulation with shortfoot exercise on chronic ankle instability: a pilot randomized and double-blinded study. *Brain Sci.* 2020;10(10):1–14. <https://doi.org/10.3390/brainsci10100749>.
- Maciaszek J, Osinski W. The effects of Tai Chi on body balance in elderly people—a review of studies from the early 21st century. *Am J Chin Med* 2010;38:219–29. 10.1142/S0192415X10007798.

- Maki BE, Cheng KC, Mansfield A et al. Preventing falls in older adults: New interventions to promote more effective change-in-support balance reactions. *J Electromyogr Kinesiol* 2008; 18 (2): 243–254.
- Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. Fear of falling and postural performance in the elderly. *J Gerontol*. 1991;46: M123-31. [PMID: 2071833]
- Maki BE, McIlroy WE. Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention. *Age and Ageing* 2006;35(September (Suppl. (2))):ii12–8.
- Maki BE, Perry SD, Norrie RG, McIlroy WE. Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 1999; 54(6):M281–M7.
- Manning WG, Mullahy J. Estimating log models: to transform or not to transform? *Journal of health economics*. 2001; 20(4):461–94. [https://doi.org/10.1016/s0167-6296\(01\)00086-8](https://doi.org/10.1016/s0167-6296(01)00086-8) PMID: 11469231
- Mansfield A, Aquilino A, Centen A et al. Perturbation training to promote safe independent mobility post-stroke: Study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Neurol* 2015; 15: 87 <https://doi.org/10.1186/s12883-015-0347-8>.
- Mansfield A, Inness EL, Komar J et al. Training rapid stepping responses in an individual with stroke. *Phys Ther* 2011; 91 (6): 958–969.
- Mansfield A, Peters AL, Liu BA, Maki BE. A perturbation-based balance training program for older adults: Study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Geriatr* 2007; 7: 12.
- Mansfield A, Peters AL, Liu BA, Maki BE. Effect of a perturbation-based balance training program on compensatory stepping and grasping reactions in older adults: A randomized controlled trial. *Phys Ther* 2010; 90 (4): 476–491.
- Mansfield A, Schinkel-Ivy A, Danells CJ et al. Does perturbation training prevent falls after discharge from stroke rehabilitation? A prospective cohort study with historical control. Paper presented at: 2016 Canadian Stroke Congress; 2016; Québec City, QC, Canada.
- Mansfield A, Wong JS, Bryce J, Knorr S, Patterson KK. Does perturbation-based balance training prevent falls? Systematic review and meta-analysis of preliminary randomized controlled trials. *Phys Ther* 2015; 95 (5): 700–709.
- March LM, Chamberlain AC, Cameron ID, Cumming RG, Brnabic AJ, Finnegan TP, et al. How best to fix a broken hip? Fractured Neck of Femur Health Outcomes Project Team. *Medical Journal of Australia* 1999;170(10):489–94.
- Marigold DS, Eng JJ, Dawson AS, Inglis JT, Harris JE, Gylfadottir S. Exercise leads to faster postural reflexes, improved balance and mobility, and fewer falls in older persons with chronic stroke. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53 (3): 416–423.
- Marques EA, Figueiredo P, Harris TB, et al. Are resistance and aerobic exercise training equally effective at improving knee muscle strength and balance in older women? *Arch Gerontol Geriatr* 2017;68:106–12. [10.1016/j.archger.2016.10.002](https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.10.002).
- Masud T, Morris RO. Epidemiology of falls. *Age and Ageing* 2001;30(Suppl. (4)):3–7.
- Matsumoto S, Fujita D, Osaka H. Intrinsic foot muscle training affects plantar pressure distribution during a single-group clinical trial. *Kawasaki J Med Welf*. 2019;24:71–6.
- McCrum C, Essers JMN, Jie L-J, Liu W-Y, Meijer K. Commentary: Older adults can improve compensatory stepping with repeated postural perturbations. *Front Aging Neurosci* 2016; 8: 111 <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00111>.
- McIlroy WE, Maki BE. Age-related changes in compensatory stepping in response to unpredictable perturbations. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 1996;51(6): M289–96.
- McKenzie J, Brennan S, Ryan R, Thomson H, Johnston R, Thomas J. Chapter 3: Defining the criteria for including studies and how they will be grouped for the synthesis. In: Higgins J, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, et al., editors. *Cochrane Handb Syst Rev Interv* version 61 (updated Sept 2020); 2020.
- McKenzie J, Brennan S. Chapter 12: Synthesizing and presenting findings using other methods. In: Higgins J, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, et al., editors. *Cochrane Handb Syst Rev Interv* version 61 (updated Sept 2020); 2020.

- McKenzie JE, Brennan SE, Ryan RE, Thomson HJ, Johnston RV. Chapter 9: Summarizing study characteristics and preparing for synthesis. In: Higgins J, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Tianjing L, Page M, et al., editors. *Cochrane Handb Syst Rev Interv* version 61 (updated Sept 2020); 2020.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing* 2004;33:602–7. [10.1093/ageing/afh218](https://doi.org/10.1093/ageing/afh218).
- Menz HB, Lord SR. The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community dwelling older people. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2001; 49(12):1651–6. PMID:11843999
- Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *J Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 2005;60(12):1546–52. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.12.1546>.
- Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2006; 61(8):866–70.
- Menz HB. Biomechanics of the ageing foot and ankle: a Mini-review. *Gerontology*. 2015;61(4):381–8. <https://doi.org/10.1159/000368357>.
- Mickle KJ, Angin S, Crofts G, Nester CJ. Effects of age on strength and morphology of toe flexor muscles. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2016;46(12): 1065–70. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6597>.
- Mickle KJ, Caputi P, Potter JM, Steele JR. Efficacy of a progressive resistance exercise program to increase toe flexor strength in older people. *Clin Biomech*. 2016;40:14–9. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.10.005>.
- Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR. ISB clinical biomechanics award 2009. Toe weakness and deformity increase the risk of falls in older people. *Clin Biomech*. 2009;24(10):787–91. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.08.011>.
- Mirelman A, Herman T, Brozgol M et al. Executive function and falls in older adults: new findings from a five-year prospective study link fall risk to cognition. *PLoSOne* 2012;7:e40297. [10.1371/journal.pone.0040297](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040297).
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009;6:e1000097. [10.1371/journal.pmed.1000097](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097).
- Montero-Odasso M, Speechley M. Falls in cognitively impaired older adults: implications for risk assessment and prevention. *J Am Geriatr Soc* 2018;66:367–75.
- Montero-Odasso M, Muir SW, Speechley M. Dual-task complexity affects gait in people with mild cognitive impairment: the interplay between gait variability, dual-tasking, and risk of falls. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:293–9.
- Montero-Odasso M, van der Velde N, Alexander NB et al. New horizons in falls prevention and management for older adults: a global initiative. *Age Ageing* 2021;50:1499–507.
- Montero-Odasso MM, Kamkar N, Pieruccini-Faria F et al. Evaluation of clinical practice guidelines on fall prevention and management for older adults: a systematic review. *JAMA Net Open* 2021;4:e213891. [10.1001/jamanet-workopen.2021.38911](https://doi.org/10.1001/jamanet-workopen.2021.38911).
- Moons KG, Royston P, Vergouwe Y, Grobbee DE, Altman DG. Prognosis and prognostic research: what, why, and how. *BMJ* 2009;338:1487–90.
- Morrison S, Simmons R, Colberg SR, Parson HK, Vinik AI. Supervised Balance Training and Wii Fit-Based Exercises Lower Falls Risk in Older Adults With Type 2 Diabetes. *J Am Med Dir Assoc*. 2018;19:185.e7–185.e13.
- Mortaza N, Abu Osman NA, Mehdikhani N. Are the spatio-temporal parameters of gait capable of distinguishing a faller from a non-faller elderly? *Eur J Phys Rehabil Med*. 2014;50(6):677–91.
- Muir SW, Berg K, Chesworth B, Klar N, Speechley M. Balance impairment as a risk factor for falls in community-dwelling older adults who are high functioning: a prospective study. *Phys Ther* 2010;90(3):338–47.
- Muir SW, Berg K, Chesworth B, Speechley M. Use of the Berg Balance Scale for predicting multiple falls in community-dwelling elderly people: a prospective study. *Phys Ther* 2008;88(4):449–59.

- Muir SW, Berg K, Chesworth BM, et al. Modifiable risk factors identify people who transition from non-fallers to fallers in community-dwelling older adults: a prospective study. *Physiother Can* 2010; 62:358–67. 10.3138/physio.62.4.358.
- Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Man Ther*. 2013;18(5): 425–30. <https://doi.org/10.1016/j.math.2013.02.007>.
- Murley GS, Landorf KB, Menz HB, Bird AR. Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: a systematic review. *Gait & posture*. 2009; 29(2):172–87.
- Murphy MA, Olson SL, Protas EJ, Overby AR. Screening for falls in community-dwelling elderly. *J Aging Phys Act*. 2003;11:66–80
- Nachreiner NM, Findorff MJ, Wyman JF, McCarthy TC. Circumstances and consequences of falls in community-dwelling older women. *J Womens Health (Larchmt)*. 2007; 16(10):1437–46. Epub 2007/12/ 08. <https://doi.org/10.1089/jwh.2006.0245> PMID: 18062759.
- Nagai K, Inoue T, Yamada Y, Tateuchi H, Ikezoe T, Ichihashi N, et al. Effects of toe and ankle training in older people: a cross-over study. *Geriatr Gerontol Int*. 2011;11(3):246–55. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2010.00673.x>.
- Neuls PD, Clark TL, Van Heuklon NC, Proctor JE, Kilker BJ, BieberME, et al. Usefulness of the Berg Balance Scale to predict falls in theelderly. *J Geriatr Phys Ther* 2011;34(1):3–10.
- Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors for injurious falls: a prospective study. *J Gerontol*. 1991;46: M164-70. [PMID: 1890282]
- Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, Black D. Risk factors for recurrent non syncopal falls. A prospective study. *JAMA* 1989;261(18):2663–8.
- Ng CACM, Fairhall N, Wallbank G, Tiedemann A, Michaleff ZA, Sherrington C. Exercise for falls prevention in community-dwelling older adults: trial and participant characteristics, interventions and bias in clinical trials from a systematic review. *BMJ Open Sport Exercise Med*. 2019;5(1).
- Nigg BM, Fisher V, Ronsky JL. Gait characteristics as a function of age and gender. *Gait Posture*. 1994;2(4):213–20. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(94\)90106-6](https://doi.org/10.1016/0966-6362(94)90106-6).
- Nigg BM. The role of impact forces and foot pronation: a new paradigm. *Clinical journal of sport medicine*. 2001; 11(1):2–9.
- Norway C. How to write a plain language summary of a Cochrane intervention review 2017 [Available from: <https://www.cochrane.no/howwrite-plain-language-summary>].
- O’MahonyD,O’SullivanD,ByrneS,O’ConnorMN,RyanC,GallagherP.STOPP/STARTcriteriaforpotentially-inappropriateprescribinginolderpeople:version2.AgeAgeing2015;44:213–8.
- Ogaya S, Ikezoe T, Soda N, et al. Effects of balance training using wobble boards in the elderly. *J Strength Cond Res* 2011; 25:2616–22. 10.1519/ JSC.0b013e31820019cf.
- Okamura K, Egawa K, Okii A, Oki S, Kanai S. Intrinsic foot muscle strengthening exercises with electromyographic biofeedback achieve increased toe flexor strength in older adults: a pilot randomized controlled trial. *Clin Biomech*. 2020; 80:105187. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105187>.
- Okamura K, Fukuda K, Oki S, Ono T, Tanaka S, Kanai S. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: a pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. *Gait Posture*. 2020;75:40–5. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.030>.
- Okubo Y, Schoene D, Lord SR. Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2016 <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095452>.
- Ory MG, Schechtman KB, Miller JP, Hadley EC, et al. Frailty and injuries in later life: the FICSIT trials. *Journal of the American Geriatrics Society* 1993;41(3):283–96.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

- Pai YC, Bhatt T, Wang E, Espy D, Pavol MJ. Inoculation against falls: Rapid adaptation by young and older adults to slips during daily activities. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91 (3): 452–459.
- Pai YC, Bhatt T, Yang F, Wang E. Perturbation training can reduce community-dwelling older adults' annual fall risk: A randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2014; 69 (12): 1586–1594.
- Pai YC, Bhatt TS. Repeated-slip training: An emerging paradigm for prevention of slip-related falls among older adults. *Phys Ther* 2007; 87 (11): 1478–1491.
- Palluel E, Nougier V, Olivier I. Do spike insoles enhance postural stability and plantar-surface cutaneous sensitivity in the elderly? *Age*. 2008; 30(1):53–61. <https://doi.org/10.1007/s11357-008-9047-2> PMID: 19424873
- Pangl, Okubo Y, Sturnieks D, Lord SR, Brodie MA. Detection of near falls using wearable devices: a systematic review. *J Geriatr Phys Ther* 2019; 42:48–56.
- Panzer VP, Wakefield DB, Hall CB, Wolfson LI. Mobility assessment: sensitivity and specificity of measurement sets in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011; 92(6):905–12.
- Patti A, Bianco A, Karsten B, et al. The effects of physical training without equipment on pain perception and balance in the elderly: a randomized controlled trial. *Work* 2017; 57:23–30. 10.3233/WOR-172539.
- Pavol MJ, Runtz EF, Edwards BJ, Pai YC. Age influences the outcome of a slipping perturbation during initial but not repeated exposures. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2002; 57:M496–503.
- Pavol MJ, Runtz EF, Pai YC. Young and older adults exhibit proactive and reactive adaptations to repeated slip exposure. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2004; 59 (5): 494–502.
- Perrin PP, Jeandel C, Perrin CA, Bene MC. Influence of visual control, conduction, and central integration on static and dynamic balance in healthy older adults. *Gerontology*. 1997; 43(4):223–31. <https://doi.org/10.1159/000213854> PMID: 9222751
- Peterson DS, Dijkstra BW, Horak FB. Postural motor learning in people with Parkinson's disease. *J Neurol* 2016; 263 (8): 1518–1529.
- Phelan EA, Ritchey K. Fall Prevention in Community-Dwelling Older Adults. *Ann Intern Med*. 2018 Dec 4; 169(11):ITC81-ITC96.
- Phelan EA, Vig EK, Abrass IB. Some considerations regarding geriatric syndromes [Letter]. *Ann Intern Med*. 2001, 135: 1095
- Pionnier R, Découfour N, Barbier F, Popineau C, Simoneau-Buessinger E. A new approach of the star excursion balance test to assess dynamic postural control in people complaining from chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2016; 45:97–102. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.01.013>.
- Pisal SN, Chotai K, Patil S. Effectiveness of short foot exercises versus towel curl exercises to improve balance and foot posture in individuals with flexible flat foot. *Indian J Forensic Med Toxicol*. 2020; 14:665–70.
- Price C, Parker D, Nester C. Validity and repeatability of three in-shoe pressure measurement systems. *Gait & posture*. 2016; 46:69–74.
- Protas EJ, Mitchell K, Williams A, Qureshy H, Caroline K, Lai EC. Gait and step training to reduce falls in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation* 2005; 20 (3): 183–190.
- Putti A, Arnold G, Cochrane L, Abboud R. The Pedar® in-shoe system: Repeatability and normal pressure values. *Gait & posture*. 2007; 25(3):401–5.
- Qiu F, Cole MH, Davids KW, Hennig EM, Silburn PA, Netscher H, et al. Enhanced somatosensory information decreases postural sway in older people. *Gait & Posture*. 2012; 35(4):630–5.
- Quijoux F, Jumeau AV, Hugault F, Lefèvre M, Zawieja P, Vidal PP, Ricard D. Center of pressure characteristics from quiet standing measures to predict the risk of falling in older adults: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews* 2019. 8:232
- Raiche M, Herbert R, Prince F, Corriveau H. Screening older adults at risk of falling with the Tinetti balance scale. *The Lancet*. 2000; 356 (9234): 1001-1002.
- Rao SS. Prevention of falls in older patients. *Am Fam Physician* 2005; 72:81–8.
- Raymakers J, Samson M, Verhaar H. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter (s). *Gait & posture*. 2005; 21(1):48–58.

- Review Manager (Revman) [Computer program]. Version 5.3. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration. 2014.
- Reyes-Ortiz CA, AlSnih S, Markides KS. Falls among elderly persons in Latin America and the Caribbean and among elderly Mexican-Americans. *Rev Panam Salud Publica* 2005;17:362–9.
- Ricci NA, Goncalves DF, Coimbra AM, Coimbra IB. Sensory interaction on static balance: a comparison concerning the history of falls of community-dwelling elderly. *Geriatr Gerontol Int*. 2009; 9 (2): 165-171.
- Ridge ST, Olsen MT, Bruening DA, Jurgensmeier K, Griffin D, Davis IS, et al. Walking in minimalist shoes is effective for strengthening foot muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(1):104–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001751>.
- Robinovitch SN, Feldman F, Yang Y et al. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: An observational study. *Lancet* 2013; 381 (9860): 47–54.
- Rodriguez-Sanz D, Tovaruela-Carrion N, Lopez-Lopez D, Palomo-Lopez P, Romero-Morales C, Navarro-Flores E, et al. Foot disorders in the elderly: A mini-review. *Disease-a-Month*. 2018; 64(3):64–91. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2017.08.001> PMID: 28826743
- Rosenblatt NJ, Marone J, Grabiner MD. Preventing trip-related falls by community-dwelling adults: A prospective study. *J Am Geriatr Soc* 2013; 61 (9): 1629–1631.
- Royston P, Moons KG, Altman DG, Vergouwe Y. Prognosis and prognostic research: Developing a prognostic model. *BMJ* 2009;338:1373–7.
- Rubenstein LZ, Josephson KR, Robbins AS. Falls in the nursing home. *Annals of Internal Medicine* 1994;121(September (6)):442–51
- Rubenstein LZ, Josephson KR. The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine* 2002;18(2):141–58.
- Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing*. 2006;35(suppl_2):37–41. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl084>.
- Scheffer AC, Schuurmans MJ, van Dijk N, van der Hooft T, de Rooij SE. Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing*. 2008; 37:19-24. [PMID: 18194967]
- Schrager MA, Kelly VE, Price R, Ferrucci L, Shumway-Cook A. The effects of age on Medio-lateral stability during Normal and Narrow Base walking. *Gait Posture*. 2008;28(3):466–71. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.02.009>.
- Schünemann HJ, Higgins JPT, Vist GE, Glasziou P, Akl EA, Skoetz NGG. Chapter 14: Completing ‘Summary of findings’ tables and grading the certainty of the evidence. In: Higgins J, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, et al., editors. *Cochrane Handb Syst Rev Interv* version 61 (updated Sept 2020); 2020.
- Schünemann HJOA, Higgins JP, Vist GE, Glasziou P, Akl E, on behalf of the Cochrane GRADEing Methods Group (formerly Applicability and Recommendations Methods Group) and the Cochrane Statistical Methods Group, et al. Chapter 11:
- Schwenk M, Jordan EDH, Honarvararaghi B, Mohler J, Armstrong DG, Najafi B. Effectiveness of foot and ankle exercise programs on reducing the risk of falling in older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2013;103(6):534–47. <https://doi.org/10.7547/1030534>.
- Scott V, Votova K, Scanlan A, Close J. Multifactorial and functional mobility assessment tools for fall risk among older adults in community, home-support, long-term and acute care settings. *Age Ageing* 2007;36(2):130–9.
- Shaffer SW, Harrison AL. Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Physical therapy*. 2007; 87(2):193–207. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060083> PMID: 17244695
- Shen X, Mak MK. Technology-assisted balance and gait training reduces falls in patients with Parkinson’s disease: A randomized controlled trial with 12-month follow-up. *Neurorehabil Neural Repair* 2015; 29 (2): 103–111.
- Sherrington C, Fairhall N, Kwok W; Wallbank G, Tiedemann A, Michaleff Z, et al. Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO

- guidelines on physical activity and sedentary behaviour *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* (2020) 17:144
- Sherrington C, Fairhall NJ, Wallbank GK, Tiedemann A, Michaleff ZA, Howard K, et al. Exercise for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Systematic Reviews*. 2019;1:CD012424.
- Sherrington C, Michaleff ZA, Fairhall N, Paul SS, Tiedemann A, Whitney J, et al. Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(24):1750–8.
- Shimada H, Obuchi S, Furuna T, Suzuki T. New intervention program for preventing falls among frail elderly people – the effects of perturbed walking exercise using a bilateral separated treadmill. *Am J Phys Med Rehab* 2004; 83 (7): 493–499.
- Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL, Gruber W. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther* 1997;77(8):812–9.
- Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: A scoping review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96:122–132.e29.
- Singh DK, Pillai SG, Tan ST, Tai CC, Shahar S. Association between physiological falls risk and physical performance tests among community-dwelling older adults. *Clin Interv Aging*. 2015;13(10):1319–26.
- Smania N, Corato E, Tinazzi M et al. Effect of balance training on postural instability in patients with idiopathic Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24 (9): 826–834.
- Sousa N, Mendes R, Silva A, et al. Combined exercise is more effective than aerobic exercise in the improvement of fall risk factors: a randomized controlled trial in community-dwelling older men. *Clin Rehabil* 2017;31:478–86. 10.1177/0269215516655857.
- Souza D, Barbalho M, Vieira CA, et al. Minimal dose resistance training with elastic tubes promotes functional and cardiovascular benefits to older women. *Exp Gerontol* 2019;115:132–8. 10.1016/j.exger.2018.12.001.
- Spink MJ, Menz HB, Fotoohabadi MR, Wee E, Landorf KB, Hill KD, et al. Effectiveness of a multifaceted podiatry intervention to prevent falls in community dwelling older people with disabling foot pain: randomised controlled trial. *BMJ*. 2011;342(jun 16 3): d3411. <https://doi.org/10.1136/bmj.d3411>.
- Stel VS, Pluijm SM, Deeg DJ, Smit JH, Bouter M, Lips P. A classification tree for predicting recurrent falling in community dwelling older persons. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(10):1356–64.
- Stevens JA, Ballesteros MF, Mack KA, Rudd RA, DeCaro E, Adler G. Gender differences in seeking care for falls in the aged Medicare population. *Am J Prev Med*. 2012, 43:59- 62
- Stevens JA. Fatalities and injuries from falls among older adults – United States, 1993-2003 and 2001-2005. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)* 2006;55(November (45)):1221–4.
- Steyerberg EW, Eijkemans MJ, Harrell Jr FE, Habbema JD. Prognostic modeling with logistic regression analysis: in search of a sensible strategy in small data sets. *Med Decis Making* 2001;21(1):45–56.
- Süptitz F, Catala MM, Brüggemann GP, Karamanidis K. Dynamic stability control during perturbed walking can be assessed by a reduced kinematic model across the adult female lifespan. *Hum Mov Sci* 2013; 32 (6): 1404–1414.
- Suteerawattananon M, MacNeill B, Protas EJ. Supported treadmill training for gait and balance in a patient with progressive supranuclear palsy. *Phys Ther* 2002; 82 (5): 485–495.
- Taddei UT, Matias AB, Ribeiro FIA, Bus SA, Sacco ICN. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: a proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2020;42:107–15. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.01.007>.
- Talbot LA, Musiol RJ, Witham EK, Metter EJ. Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults: perceived cause, environmental factors and injury. *BMC public health*. 2005; 5(1):86.
- Thomas E, Battaglia G, Patti A, Brusa J, Leonardi V, Palma A, Bellafiore M. Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly. *Medicine* (2019) 98:27(e16218)
- Tiedemann A, Shimada H, Sherrington C, Murray S, Lord S. The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age Ageing*. 2008;37(4):430–5.

- Tinetti ME, Doucette J, Claus E, Marottoli R. Risk factors for serious injury during falls by older persons in the community. *J Am Geriatr Soc*. 1995;43:1214-21. [PMID: 7594154]
- Tinetti ME, Kumar C. The patient who falls: "It's always a trade-off". *JAMA* 2010;303:258-66.
- Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine* 1988;319(26):1701-7.
- Tinetti ME. Clinical practice: preventing falls in elderly persons. *The New England Journal of Medicine* 2003;348(1):42-9.
- Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1986;34(2):119-26.
- Topper LK, Maki BE, Holliday PJ. Are activity-based assessments of balance and gait in the elderly predictive of risk of falling and/or type of fall? *J Am Geriatr Soc* . 1993 ; 41 (5); 479-487 .
- Toulotte C, Toursel C, Olivier N. Wii Fit® training vs. Adapted physical activities: which one is the most appropriate to improve the balance of independent senior subjects? A randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2012;26:827-35. 10.1177/0269215511434996.
- Tricco AC, Thomas SM, Veroniki AA, Hamid JS, Cogo E, Striffler L, et al. Comparisons of interventions for preventing falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2017;318(17):1687-99.
- Tsuyuguchi R, Kurose S, Seto T, Takao N, Fujii A, Tsutsumi H, et al. The effects of toe grip training on physical performance and cognitive function of nursing home residents. *J Physiol Anthropol*. 2019;38(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s40101-019-0202-5>.
- Tudpor K, Traithip W. Fall prevention by short-foot exercise in diabetic patients. *Indian J Physiother Occup Ther - An Int J*. 2019;13(2):69. <https://doi.org/10.5958/0973-5674.2019.00048.0>.
- Tweed JL, Campbell JA, Thompson RJ, Curran MJ. The function of the midtarsal joint. A review of the literature. *Foot*. 2008;18(2):106-12. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2008.01.002>.
- US Centers for Disease Control and Prevention. Falls among older adults: an overview. <http://www.cdc.gov/HomeandRecreationalSafety/Falls/adultfalls.html> (updated 8.12.2010).
- Van Swearingen JM, Paschal KA, Bonino P, Chen TW . Assessing recurrent fall risk of community-dwelling frail older veterans using specific tests of mobility and the physical performance test of function. *J Gerontol Biol Sci Med Sci* . 1998 ; 53A (6): M457-M464 .
- Vassallo M, Azeem T, Pirwani MF, Sharma JC, Allen SC. An epidemiological study of falls on integrated general medical wards. *International Journal of Clinical Practice* 2000;54:654-7.
- Vellas BJ, Wayne SJ, Romero LJ, Baumgartner RN, Garry PJ. Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing*. 1997;26: 189-93.
- Verheyden GS, Weerdesteyn V, Pickering RM, Kunkel D, Lennon S, Geurts AC, et al. Interventions for preventing falls in people after stroke. *Cochrane Database Systematic Reviews*. 2013;5:CD008728.
- Vicarro LJ, Perera S, Studenski SA. Is the timed up and go better than gait speed in predicting health, function, and falls in older adults? *J Am Geriatr Soc* . 2011 ; 59 (5): 887-892 .
- Vogler CM, Sherrington C, Ogle SJ, Lord SR. Reducing risk of falling in older people discharged from hospital: a randomized controlled trial comparing seated exercises, weight-bearing exercises, and social visits. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(8):1317-24. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.01.030>.
- Weiss A., Brozgol M, Dorfman M , et al. Does the evaluation of gait quality during daily life provide insight into fall risk? A novel approach using 3-day accelerometer recordings. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013 : 27 (8): 742-752 .
- Whiting P, Rutjes A, Reitsma J , et al. The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. *BMC Med Res Methodol* . 2003 ; 3 : 25
- Willemsse L, Wouters EJ, Bronts HM, Pisters MF, Vanwanseele B. The effect of interventions anticipated to improve plantar intrinsic foot muscle strength on fall-related dynamic function in adults: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research* (2022) 15:3, 1-18
- Wolfson L, Whipple R, Derby CA, Amerman P, Nashner L. Gender differences in the balance of healthy elderly as demonstrated by dynamic posturography. *Journal of Gerontology*. 1994; 49(4):M160-M7

- Wolfson LI, Whipple R, Amerman P, Kleinberg A. Stressing the postural response: a quantitative method for testing balance. *Journal of the American Geriatrics Society* 1986;34:845–50.
- Woollacott MH, Tang PF. Balance control during walking in the older adult: research and its implications. *Phys Ther*. 1997;77(6):646–60. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.6.646>.
- World Health Organization. Guidelines for physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization; 2020.
- WorldHealthOrganization .StepSafely:StrategiesforPre-ventingandManagingFallsacrosstheLife-Course.Geneva:WorldHealthOrganization,2021.
- WorldHealthOrganization .WorldReportonAgeingandHealth.Geneva:WorldHealthOrganization,2015.
- Wrisley DM, Kumar NA. Functional gait assessment: concurrent, discriminative, and predictive validity in community-dwelling older adults. *Phys Ther* 2010;90(5):761–73
- Wu G, Chiang J-H. The significance of somatosensory stimulations to the human foot in the control of postural reflexes. *Experimental brain research*. 1997; 114(1):163–9. <https://doi.org/10.1007/pl00005616> PMID: 9125462
- Xu D, Hong Y, Li J, et al. Effect of tai chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *Br J Sports Med* 2004;38:50–4.
- Yang F, King GA, Dillon L, et al. Controlled whole-body vibration training reduces risk of falls among community-dwelling older adults. *J Biomech* 2015; 48:3206–12. [10.1016/j.jbiomech.2015.06.029](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.06.029).
- Yardley L, Smith H. A prospective study of the relationship between feared consequences of falling and avoidance of activity in community living older people. *Gerontologist*. 2002;42: 17-23. [PMID: 11815695]
- YardleyL,KirbyS,Ben-ShlomoY,GilbertR,WhiteheadS,ToddC.Howlikelyareolderpeopletotakeupdifferentfallspreventionactivities?PrevMed2008;47:554–8.
- Yelnik A, Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiol Clin*. 2008;38:439–45.
- Young WR, Mark Williams A. How fear of falling can increase fall risk in older adults: applying psychological theory to practical observations. *Gait Posture*. 2015;41:7-12. [PMID: 25278464]
- Zecevic AA, Salmoni AW, Speechley M, Vandervoort AA. Defining a fall and reasons for falling: comparisons among the views of seniors, health care providers, and the research literature. *Gerontologist* 2006;46:367–76.
- Zehr EP, Nakajima T, Barss T, Klarner T, Miklosovic S, Mezzarane RA, et al. Cutaneous stimulation of discrete regions of the sole during locomotion produces “sensory steering” of the foot. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2014; 6(1):33.
- Zelik KE, Honert EC. Ankle and foot power in gait analysis: implications for science, technology and clinical assessment. *J Biomech*. 2018;75:1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.04.017>.
- Zhang X, Schutte KH, Vanwanseele B. Foot muscle morphology is related to center of pressure sway and control mechanisms during single-leg standing. *Gait Posture*. 2017; 57:52–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.027>.
- Zhao Y, Chung PK, Tong TK. Effectiveness of a balance-focused exercise program for enhancing functional fitness of older adults at risk of falling: a randomised controlled trial. *Geriatr Nurs* 2017; 38:491–7. [10.1016/j.gerinurse.2017.02.011](https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2017.02.011).
- Zijlstra GA, van Haastregt JC, van Eijk JT, et al. Prevalence and correlates of fear of falling, and associated avoidance of activity in the general population of community-living older people. *Age and Ageing* 2007;36:304–9.