

**Università degli Studi di Padova**

**Dipartimento di Medicina**

**Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'Attività Motoria  
Preventiva e Adattata**

Tesi di laurea:

**Efficacia dell'allenamento di forza ed equilibrio nella prevenzione delle  
cadute nell'anziano**

Relatore: Dott. *Marcolin Giuseppe*

Laureando: *Verzotto Marco*

N° di Matricola: 2021363

ANNO ACCADEMICO

2021/2022



# INDICE

**Indice**

**Riassunto**

**Abstract**

**Introduzione**

<b>Capitolo 1: Sistemi e meccanismi fisiologici di controllo della postura e dell'equilibrio</b>	1
1.1 <i>Strutture deputate alla regolazione del movimento</i>	1
1.2 <i>Il controllo posturale in condizioni statiche e dinamiche</i>	3
1.2.1 <i>Effetti della destabilizzazione della base d'appoggio sul controllo posturale dinamico</i>	5
1.3 <i>Processi fisiologici dell'invecchiamento</i>	8
1.3.1 <i>Effetti delle modificazioni dei sistemi neuro-cognitivo e muscolare sul rischio caduta.</i>	12
1.4 <i>Epidemiologia delle cadute</i>	16
<b>Capitolo 2: Ruolo dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute</b>	21
2.1 <i>Linee guida per l'esercizio fisico nell'anziano secondo l'ACSM</i>	21
2.2 <i>Benefici dell'esercizio fisico di forza ed equilibrio per la popolazione anziana.</i>	26
2.3 <i>PBT: Perturbation based balance training</i>	32
2.4 <i>Raccomandazioni pratiche per la prevenzione delle cadute</i>	35
<b>Capitolo 3: Proposta di esercizio per l'anziano in ottica prevenzione delle cadute</b>	39
<b>Bibliografia</b>	43

## RIASSUNTO

**Presupposti dello studio:** Analisi della letteratura finalizzata ai benefici dell'allenamento di forza ed equilibrio sulla prevenzione del rischio caduta negli anziani.

**Materiali e metodi:** Utilizzo del motore di ricerca PubMed® (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>). Per la ricerca riguardante l'esercizio fisico per la prevenzione delle cadute sono state utilizzate le seguenti parole chiave: "falls", "older" e "exercise". Nella tesi sono state incluse meta-analisi e randomized control trials (RCT), con campioni di soggetti di età maggiore di 65 anni o soggetti che fossero considerati a rischio caduta. L'approfondimento dei meccanismi di regolazione dell'equilibrio, dello sviluppo muscolare nell'anziano e del dosaggio di esercizio fisico raccomandato, è avvenuto consultando i seguenti libri: "Fisiologia Medica" a cura di Fiorenzo Conti, "Scienza e sviluppo dell'ipertrofia muscolare" di Brad Schoenfeld e "Guidelines for Exercise Testing and Prescription" dell'American college of Sports Medicine.

**Procedura:** Dall'analisi della letteratura è emerso che programmi di esercizio fisico mirati al mantenimento e allo sviluppo di forza, equilibrio e flessibilità, determinano una diminuzione del numero di cadute nella popolazione anziana.. I programmi multimodali di equilibrio, forza flessibilità e deambulazione hanno dimostrato di ridurre il rischio di cadute sia non dannose che dannose.

Sulla base di queste evidenze, nel terzo e ultimo capitolo della tesi sono state proposte delle linee guida da seguire nella programmazione dell'esercizio fisico per la prevenzione delle cadute.

**Conclusioni:** Nell'anziano, la sedentarietà ma anche bassi livelli di attività fisica non riescono a contrastare il rapido decadimento delle strutture che regolano postura ed equilibrio. Esercizi di forza, equilibrio e flessibilità sono raccomandati per favorire una migliore qualità della vita e ridurre l'incidenza di infortuni nonché la mortalità da traumi ad essi legata, purché rispettino durata ed intensità indicate dall'ACSM.

## ABSTRACT

**Introduction:** Analysis of the literature aimed at the benefits of strength and balance training on the prevention of fall risk in the elderly.

**Materials and methods:** Using the PubMed® (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) search engine. The following keywords were used for exercise research for fall prevention: "falls", "older" and "exercise". Meta-analyses and randomized control trials (RCTs) were included in the thesis, with samples aged > 65 years or subjects who were considered at risk of falling. The deepening of the mechanisms of regulation of balance, muscle development in the elderly and the recommended dosage of physical exercise, took place by consulting the following books: "Fisiologia Medica" by Fiorenzo Conti, "Scienza e sviluppo dell'ipertrofia muscolare" by Brad Schoenfeld and "Guidelines for Exercise Testing and Prescription" of the American College of Sports Medicine.

**Procedure:** From the analysis of the literature it emerged that physical exercise programs aimed at maintaining and developing strength, balance and flexibility, determine a decrease in the number of falls in the elderly population. Multimodal programs of balance, strength, flexibility and walking have been shown to reduce the risk of both non-harmful and harmful falls.

On the basis of this evidence, in the third and last chapter of the thesis guidelines were proposed to be followed when planning physical exercise with a view to preventing falls.

**Conclusion:** In the elderly, a sedentary lifestyle but also low levels of physical activity cannot counteract the rapid decay of the structures that regulate posture and balance. Strength, balance and flexibility exercises are recommended to promote a better quality of life and reduce the incidence of injuries as well as trauma-related mortality, provided they respect the duration and intensity indicated by the ACSM.

## **Introduzione**

Le cadute sono eventi avversi che possono minacciare l'indipendenza delle persone, essere causa di infortuni e nel peggiore dei casi portare alla morte. Alle conseguenze individuali si sommano quelle socioeconomiche, che riguardano i costi per le cure ed il reinserimento nella società delle persone che hanno subito il trauma. La popolazione anziana, a causa del decadimento fisiologico dell'organismo, è maggiormente esposta a tali eventi avversi. Vista la natura traumatica dell'evento bisogna lavorare in ottica preventiva al fine di garantire alle persone una migliore qualità della vita e salute psicofisica. Nella prevenzione delle cadute uno strumento suggerito dalla letteratura scientifica è l'esercizio fisico finalizzato al miglioramento della forza e dell'equilibrio. Questa tesi compilativa si è posta l'obiettivo di indagare gli effetti di tali allenamenti sulla popolazione a rischio cadute, basandosi sui risultati delle ricerche scientifiche condotte a livello mondiale. Nel primo capitolo verranno descritti i sistemi ed i meccanismi che controllano la postura e l'equilibrio, per poi riportare dati epidemiologici relativi alle cadute sia a livello mondiale che nazionale. Nel secondo capitolo inizialmente verranno enunciate le linee guida per l'esercizio fisico nell'anziano proposte dall'American College of Sports Medicine. Si affronteranno poi i benefici dell'allenamento di forza seguiti da quelli di equilibrio con la metodica del Perturbation Balance Training. Infine il capitolo descriverà le raccomandazioni pratiche per la prevenzione delle cadute. Il terzo ed ultimo capitolo è un contributo personale basato sugli studi analizzati, che propone una sorta di linea guida con i parametri del carico di lavoro per gli allenamenti di forza equilibrio e flessibilità indicati per la prevenzione di cadute nella popolazione anziana a rischio.

## CAPITOLO 1

### **Sistemi e meccanismi fisiologici di controllo della postura e dell'equilibrio**

#### *1.1 Strutture deputate alla regolazione del movimento*

I processi nervosi, alla base del controllo delle funzioni motorie, sono caratterizzati da versatilità e plasticità, proprietà distribuite a tutti i livelli di organizzazione del sistema nervoso. I movimenti obbediscono alle stesse leggi generali e sono generati dalla combinazione di un numero limitato di elementi costitutivi, sensoriali e motori, disposti gerarchicamente. Ai centri di controllo superiori spetta l'elaborazione degli aspetti più astratti e complessi dei comandi motori. Questi sono connessi reciprocamente con centri sottocorticali, nuclei della base e cervelletto; insieme inviano segnali di comando, eccitatori e inibitori, agli interneuroni spinali ed ai motoneuroni del tronco encefalico e del midollo spinale, regolando i movimenti.

I processi di controllo del sistema motorio possono avvenire in parallelo, cioè nello stesso momento, durante l'esecuzione dell'atto motorio. È lecito ipotizzare che durante il processo di invecchiamento, associato al progressivo deterioramento delle funzioni corporee, si verifichi anche una diminuzione dell'efficienza dei processi di controllo in parallelo. Di conseguenza questo deficit può tradursi in una diminuzione del controllo dei movimenti e nell'aumento del rischio di incorrere in eventi avversi quali cadute ed infortuni. Gli effettori dei sistemi motori sono i muscoli striati ed il loro stato di contrazione è regolato dai motoneuroni alfa delle corna anteriori del midollo spinale e dai nuclei motori dei nervi cranici. Ciascun motoneurone innerva un gruppo di fibre muscolari, dando origine all'unità motoria. Il rapporto di innervazione tra motoneurone e numero di fibre muscolari innervate determina il grado di finezza con cui può essere modulata la tensione di un muscolo. Le unità motorie vengono suddivise in lente (tipo I), intermedie (tipo IIA) e veloci (tipo IIX). Attraverso un opportuno condizionamento è possibile trasformare le proprietà di un tipo di unità motoria in un'altra, adattandole alle specifiche esigenze dell'organismo. Il sistema nervoso centrale riceve informazioni in tempo reale sulle variabili meccaniche muscolari da due tipi di sensori: gli organi tendinei del Golgi, localizzati alla giunzione tra tendine e muscolo, che misurano il grado di

tensione sviluppato dal muscolo; i fusi neuromuscolari, localizzati nel corpo muscolare, che forniscono misure di lunghezza muscolare e delle sue variazioni. Entrambi i sistemi contribuiscono alla percezione della posizione e del movimento dei segmenti corporei e rappresentano segnali importanti per i meccanismi di controllo a feedback. Tra le strutture che partecipano al controllo del movimento volontario, le aree corticali rappresentano i livelli più elevati dell'organizzazione gerarchica. L'area motoria primaria, localizzata nella circonvoluzione precentrale, esercita un controllo diretto sui motoneuroni e sui circuiti spinali e tronco encefalici per l'esecuzione dei movimenti volontari. Le aree motorie non primarie (pre-motorie, supplementari e del cingolo) partecipano alla generazione di sequenze motorie complesse e agli aspetti di coordinazione visuomotoria. Cervelletto e nuclei della base svolgono un ruolo importante nel controllo del movimento volontario. Il cervelletto è deputato, tramite le sue porzioni mediali, al controllo della postura e della locomozione modulando l'attività dei sistemi reticolospinale e vestibolospinale. Tramite le sue porzioni laterali esercita inoltre le funzioni di pianificazione e controllo anticipatorio del movimento. I nuclei della base sono coinvolti nella postura e nel controllo oculomotorio.

Il controllo dei movimenti volontari si basa sul principio dell'innervazione reciproca: durante un movimento all'invio di segnali eccitatori da parte dei motoneuroni alfa del muscolo agonista si contrappone simultaneamente l'invio di segnali inibitori da parte dei motoneuroni alfa dei muscoli antagonisti. Il controllo della postura implica il mantenimento del tono posturale, dell'orientamento posturale e dell'equilibrio.

Per poter mantenere l'orientamento del corpo è necessario mantenere una contrazione tonica della muscolatura, un tono posturale, che contrasti gli effetti della forza di gravità. Nel mantenimento del tono posturale partecipano i motoneuroni spinali con le loro proprietà intrinseche, l'azione tonica eccitatoria delle afferenze fusali di gruppo I a e la via vestibolospinale laterale. Al fine di mantenere l'orientamento posturale selezionato, il tono posturale deve essere modificato e ciò avviene per la maggior parte per via riflessa grazie ai recettori visivi, somatosensoriali e vestibolari che segnalano di continuo gli allontanamenti dalla posizione di riferimento e modificano l'attività delle strutture che controllano il tono posturale. Le oscillazioni spontanee del corpo producono segnali di origine somatosensoriale, vestibolare e visiva. Questi generano reazioni posturali, cioè ad attivazione riflesse, fasiche e coordinate che interessano molti muscoli e agiscono in



modo da riportare il corpo in posizione di equilibrio. I riflessi vestibolospinali generati dalla stimolazione dei recettori otolitici e ampollari modificano il tono posturale in relazione ai cambiamenti della posizione della testa nello spazio. L'interazione di questi riflessi vestibolospinali con quelli cervicospinali agenti sugli arti concorre a stabilizzare la posizione del corpo nello spazio.

## *1.2 Il controllo posturale in condizioni statiche e dinamiche*

Con il termine controllo posturale si indica l'orientamento del corpo e dei suoi diversi segmenti in condizioni sia statiche che dinamiche. La strategia posturale è invece la scelta dell'orientamento desiderato per il corpo stesso e la modalità con cui esso viene mantenuto. Il primo requisito del controllo posturale è il tono posturale, che nel mantenimento della postura bipede dell'uomo non è elevato, in quanto i muscoli posturali devono contrastare esclusivamente la componente della forza di gravità diretta tangenzialmente rispetto al centro di rotazione, che è piccola. In questa condizione, le unità motorie attive sono quelle resistenti alla fatica a lenta velocità di contrazione, formate da un numero basso di fibre che generano quindi segnali elettrici più deboli.

Il mantenimento del tono posturale dipende anche dalle vie discendenti del midollo spinale che possono influenzare la scarica motoneuronale. Queste influenze vengono esercitate in due modi diversi: in primo luogo i sistemi discendenti possono modificare direttamente l'eccitabilità dei motoneuroni alfa oppure l'attività dei motoneuroni gamma e quindi la scarica delle afferenze propriocettive. Se l'attività dei motoneuroni gamma aumenta, accresce anche la scarica dei recettori fusali e, di conseguenza, la loro azione eccitatoria sui motoneuroni alfa con un incremento della tensione sviluppata dal muscolo. Fra i sistemi troncoencefalici che possono influenzare il tono posturale troviamo le proiezioni vestibolospinali distinte in laterale e mediale. La via vestibolospinale laterale scende omolateralmente e giunge a tutti i segmenti del midollo spinale, eccita sia i motoneuroni alfa che quelli gamma. La via vestibolospinale mediale scende bilateralmente nel midollo spinale ma si arresta ai segmenti cervicotoracici, eccita monosinapticamente i motoneuroni che innervano la muscolatura dorsale cervicale del lato opposto, mentre inibisce quelli dello stesso lato.

I neuroni localizzati nei nuclei vestibolari hanno una scarica tonica e producono una stimolazione sinaptica continua sui motoneuroni spinali, anche durante la fase REM del sonno, poiché essa dipende dalle influenze eccitatorie provenienti dal labirinto. I nuclei vestibolari possono essere considerati il mezzo attraverso cui le afferenze vestibolari sostengono il tono posturale.

Le vie reticolospinali contribuiscono alla regolazione del tono posturale e del movimento. Le regioni bulbari ventrocaudali esercitano un'inibizione polisinaptica generalizzata sui motoneuroni.

Anche il cervelletto esercita la sua influenza nel controllo del tono posturale, infatti, nei mammiferi carnivori, una lesione bilaterale del verme cerebellare del lobo anteriore produce un'evidente esagerazione del normale atteggiamento posturale, con rigidità estensoria marcata ai 4 arti e iperestensione del collo.

Il normale atteggiamento posturale dell'uomo è la posizione eretta, in cui l'asse longitudinale del corpo è allineato alla verticale. La stabilizzazione, che viene fatta per impedire che la proiezione a terra del centro di massa esca dalla base di appoggio, non vincola il corpo ad una posizione precisa, ma prevede una continua oscillazione attorno alla posizione di equilibrio. Queste oscillazioni avvengono soprattutto attorno all'asse della caviglia. I recettori visivi, somatosensoriali e vestibolari segnalano le deviazioni dalla posizione assunta e la ripristinano attraverso riflessi posturali che esercitano un'azione a feedback. L'allineamento del corpo rispetto alla verticale è influenzato da altri 2 elementi: i recettori stimolati dal carico agente sulle articolazioni e dalle proprietà del muscolo tonicamente attivo che si comporta come una molla con una certa costante elastica. I segnali sensoriali vengono elaborati a livello del sistema nervoso centrale, in un processo di integrazione multisensoriale, che permette di mantenere l'orientamento posturale anche quando uno dei segnali viene soppresso. L'espressione dei riflessi posturali è legata al contesto motorio: questi riflessi si manifestano solamente nei muscoli attivamente impegnati nel compito posturale; la loro ampiezza è minore se c'è la possibilità di usare anche altre informazioni per il controllo posturale. La posizione assunta dal soggetto influenza profondamente le risposte posturali generate dalla stimolazione dei singoli canali sensoriali riorganizzandole in modo da garantire un'effettiva stabilizzazione dell'orientamento posturale.

Le oscillazioni del corpo si manifestano come un continuo spostamento del centro di pressione, ovvero il punto in cui è possibile considerare applicata la reazione vincolare della base d'appoggio al peso del corpo. La posizione del centro di pressione può essere calcolata a partire dai dati di forza registrati dalla pedana stabilometrica. La piattaforma stabilometrica permette di studiare il ruolo dei diversi canali sensoriali nel controllo posturale umano, osservando come, a seguito della loro eliminazione selettiva, si modificano le oscillazioni del centro di pressione nel mantenimento della posizione eretta. Più diminuiscono le afferenze sensoriali, più aumentano in modo rilevante le oscillazioni del centro di pressione.

L'importanza delle informazioni visive nel controllo della postura è indicata dal fatto che, nella maggior parte dei soggetti l'esclusione della visione aumenta le oscillazioni corporee. Le informazioni somatosensoriali che possono più immediatamente indicare l'allineamento del corpo nella verticale sono quelle originate dai meccanocettori plantari e dai fusi neuromuscolari dei muscoli agenti sulla caviglia. Le informazioni propriocettive provenienti dai diversi segmenti corporei possono essere integrate in modo da generare una rappresentazione della posizione di ogni segmento corporeo rispetto alla base di appoggio. Per poter stabilizzare la posizione del corpo, i riflessi vestibolospinali devono interagire con quelli cervicospinali. La stimolazione vestibolare si verifica quando cambia la posizione della testa nello spazio; quella cervicale quando si modifica la posizione della testa rispetto al tronco. Un altro importante aspetto dei meccanismi posturali è il controllo dell'orientamento della testa. Esso sembra avere un duplice significato: stabilizzare la testa significa rendere stabile lo sguardo. Infatti, in assenza di visione un soggetto in piedi su una piattaforma che oscilla nel piano orizzontale mostra una minor stabilità della testa.

### *1.2.1 Effetti della destabilizzazione della base d'appoggio sul controllo posturale dinamico*

Stimoli destabilizzanti producono reazioni posturali che coinvolgono numerosi muscoli agenti a livello di diverse articolazioni. Uno dei modelli sperimentali più usati per studiare questo fenomeno è quello della traslazione anteroposteriore della superficie di appoggio. Le attivazioni muscolari che si manifestano in risposta a questo tipo di stimolo

prevencono la caduta e, a livello dell'arto inferiore dell'uomo, hanno latenza compresa fra 70-100 ms, troppo breve per una reazione di natura volontaria. Si tratta di riflessi, attribuibili ai segnali sensoriali evocati dalla perturbazione, che si manifestano già quando lo spostamento del centro di massa è inferiore a 10 mm e la sua proiezione non è ancora uscita dalla base di appoggio (Fig. 1).

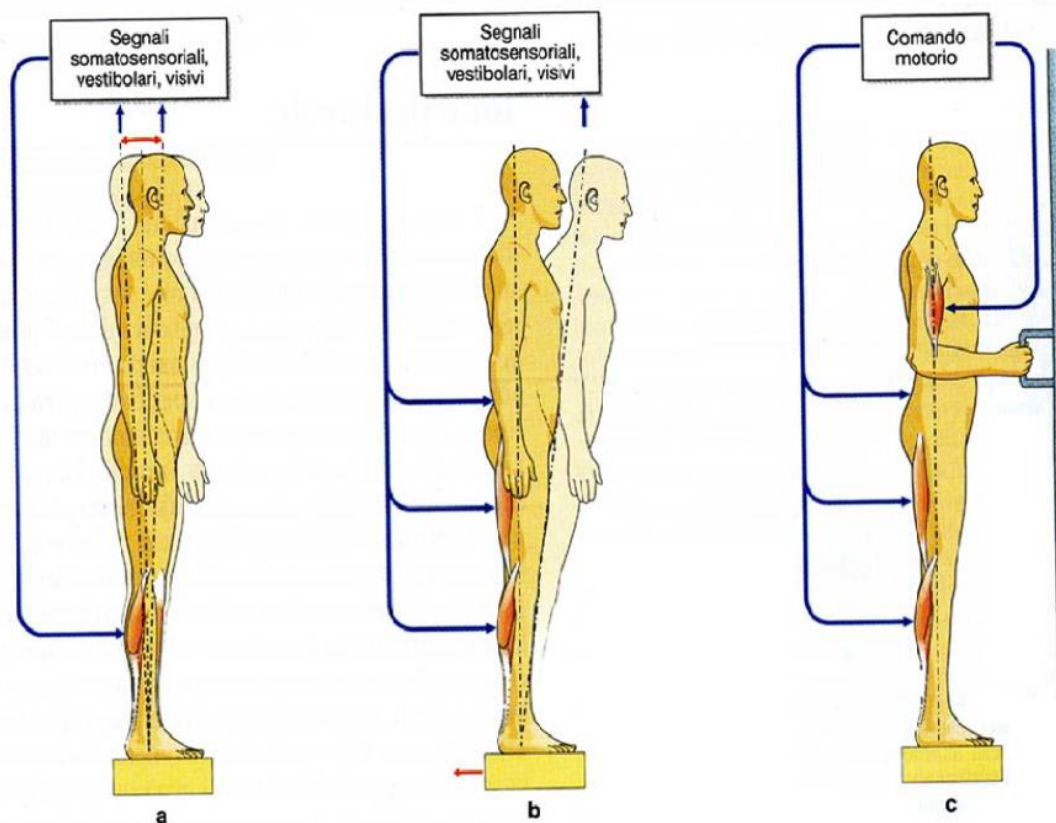


Figura 1.1: Aspetti del controllo posturale. a) Le oscillazioni spontanee del corpo producono segnali di origine somatosensoriale, vestibolare e visiva. Questi generano riflessi posturali che stabilizzano la posizione. b) Una traslazione della base di appoggio all'indietro produce una caduta in avanti. I segnali sensoriali generati dalla caduta attivano una reazione posturale che coinvolge i muscoli agenti su più articolazioni e riporta il corpo in prossimità della posizione di equilibrio. c) Prima di un movimento (nella figura, tirare una maniglia) che sbilancerebbe il corpo in avanti, viene generato un aggiustamento posturale che preserva l'equilibrio durante l'atto motorio. Tratto da "Fisiologia Medica" a cura di Fiorenzo Conti, 2010 (1).

Riflessi e reazioni posturali sono dunque risposte automatiche a stimoli con diverse caratteristiche temporali. Nella reazione posturale ogni muscolo viene attivato massimalmente in corrispondenza di una particolare direzione di spostamento.

L'attivazione è più rapida e di maggior ampiezza quando il soggetto è spostato in una direzione e la piattaforma si muove in quella opposta, condizione con rischio maggiore per la stabilità posturale.

Esistono 3 strategie messe in atto dall'organismo con il fine di mantenere l'equilibrio a seguito di perturbazioni, a seconda della grandezza della base d'appoggio.

La strategia di caviglia viene messa in atto quando la base d'appoggio è rigida e ampia e si verifica uno spostamento all'indietro o in avanti della stessa. Lo spostamento all'indietro della base d'appoggio sbilancia il corpo in avanti portando all'attivazione dei muscoli della parte posteriore del corpo in sequenza distoprossimale: gastrocnemio, bicipite femorale, paraspinali. Tale sequenza di attivazione produce una rotazione attorno alla caviglia con un piccolo movimento a livello del ginocchio e dell'anca portando ad un riallineamento del corpo con la verticale. Quando la base d'appoggio slitta in avanti e di conseguenza il corpo si inclina all'indietro vengono attivati in sequenza i muscoli tibiale anteriore, quadricipite e addominali. La strategia d'anca viene messa in atto quando la base è ristretta o cedevole. A seguito di uno spostamento all'indietro il tronco viene piegato in avanti, mentre la testa ruota all'indietro sul tronco e la caviglia si estende, portando all'indietro l'arto inferiore e il bacino. In questo caso si osserva l'attivazione sequenziale dei muscoli del collo, addominali e quadricipiti. La terza strategia per il mantenimento dell'equilibrio prevede che il soggetto faccia un passo avanti a seguito della perturbazione. Strategie di caviglia e d'anca fanno parte di uno spettro continuo di reazioni posturali e non sono separabili nettamente. Le reazioni posturali sono principalmente dovute all'attivazione delle informazioni somatosensoriali. Particolarmente importanti sembrano essere i segnali provenienti dai recettori da stiramento che provengono dai muscoli che agiscono sulla caviglia. Anche le informazioni vestibolari possono generare reazioni posturali, quando quelle somatosensoriali vengono escluse. Le informazioni visive non sono in grado di produrre rapide attivazioni riflesse della muscolatura; pertanto, si potrebbe pensare che non partecipino alla generazione di reazioni posturali. Durante un movimento volontario, i primi muscoli che si attivano non sono quelli che operano sulle articolazioni direttamente impegnate nel movimento, ma piuttosto quelli che contribuiscono alla stabilizzazione posturale. Le stesse sequenze di attivazione muscolare che vengono messe in atto durante le strategie di mantenimento dell'equilibrio a seguito di uno sbilanciamento reale,

vengono messe in atto prima dello svolgimento di un movimento volontario e quindi per prevenire un possibile sbilanciamento. Sembra quindi che un'identica sinergia motoria possa essere prodotta sia come risposta riflessa a un segnale sensoriale, sia nel contesto di un movimento volontario. Un'ipotesi che si potrebbe avanzare, riguardo alla popolazione anziana ed il rischio di cadute ad essa associato, riguarda quest'ultima sinergia. Si potrebbe infatti ipotizzare che a seguito del decadimento cognitivo, correlato con l'età, diminuisca il grado di attenzione al movimento, di conseguenza minore attivazione riflessa per prevenire un possibile sbilanciamento, con maggior focus sul movimento stesso, portando quindi ad un peggior controllo della postura e ad un aumentato rischio di cadute durante lo svolgimento di compiti volontari.

### *1.3 Processi fisiologici dell'invecchiamento*

L'invecchiamento è l'insieme dei processi fisiologici, per buona parte geneticamente determinati e dipendenti dalla specie, che conducono inevitabilmente ad una progressiva perdita di funzione a livello organismico e a un aumentato rischio di morte (2). Da questa definizione possiamo trarre una considerazione importante, l'invecchiamento non è una malattia bensì l'insieme di processi fisiologici a cui va incontro l'organismo. Esso è un meccanismo nell'uomo non patologico. La progressiva perdita di funzione a cui va incontro l'organismo è quindi la conseguenza di cambiamenti fisiologici naturali, associati all'invecchiamento. In tutte le specie animali possiamo riscontrare due elementi comuni nel processo di invecchiamento: il primo è l'aumentata probabilità di morte a seguito del raggiungimento dell'età adulta. Nell'uomo dopo i 30 anni, ad esempio, questo fenomeno è dovuto a fattori genetici e quindi non è modulabile in alcun modo. Il secondo è la progressiva perdita delle capacità fisiologiche dell'organismo a livello di cellule, tessuti ed organi, che porta ad una minor capacità di risposta adattiva dell'organismo all'ambiente. L'entità della perdita di funzione varia a seconda del livello di attività fisica e dello stile di vita adottato. L'invecchiamento può avvenire "con successo" nel momento in cui la perdita di funzione è minore a quella osservata di norma. Si parla di invecchiamento "senza successo" quando invece la perdita di funzione è superiore a quella osservata nella popolazione anziana media. Per invecchiare con successo

l'individuo deve essere fisicamente attivo ed avere abitudini alimentari sane. Il declino delle funzioni dell'organismo età-dipendente può essere geneticamente determinato oppure non geneticamente determinato. A livello patologico la perdita di funzione può essere associata alla diminuzione del numero di cellule. Tra i meccanismi geneticamente determinati infatti troviamo l'ipoplasia e l'apoptosi. L'ipoplasia è la riduzione del numero di cellule che si manifesta nei tessuti mitoticamente attivi formati da cellule labili, stabili o con una riserva di cellule staminali, causata dalla diminuzione e successivo esaurimento della capacità dei tessuti di eseguire la divisione cellulare. Un esempio possiamo trovarlo nell'andropausa dell'uomo, ovvero il declino delle funzioni testicolari causato dall'ipoplasia delle cellule di Leydig, che porta ad una diminuzione dei livelli di testosterone circolanti e quindi della massa muscolare, in favore dell'accumulo di tessuto adiposo a livello addominale. Il fenomeno dell'ipoplasia è sostenuto dalla teoria della senescenza replicativa, formulata dal premio Nobel August Weismann. Questa teoria sostiene che le cellule possono eseguire un numero finito di divisioni mitotiche, il numero di Hayflick, che nell'uomo è pari a  $50 \pm 10$  mitosi. Il numero di Hayflick dipende dalla specie presa in considerazione. Sono stati osservati valori più bassi di questo numero in pazienti affetti da sindromi progerioidi, cioè da coloro che invecchiano precocemente. La senescenza replicativa è un fenomeno geneticamente determinato, infatti il progressivo declino dell'attività mitotica delle cellule è dovuto al fatto che queste si arrestano alla fase G1 del ciclo cellulare. Questo arresto è dovuto all'iper-espressione dei geni che sopprimono i tumori, a discapito dell'espressione dei geni che promuovono la crescita. La senescenza replicativa è un fenomeno osservato in vitro, tuttavia c'è consenso generale sul fatto che possa manifestarsi anche in vivo ed influire sull'invecchiamento dei tessuti. Un altro meccanismo geneticamente determinato che partecipa alla determinazione dell'ipoplasia cellulare dei tessuti mitoticamente attivi è l'apoptosi. Essa consiste nell'espressione di una particolare sequenza genica che determina la morte cellulare, si parla infatti di morte cellulare programmata. Un esempio lo troviamo nell'atrofia del timo che si manifesta nel corso dell'adolescenza. Tra i meccanismi non-geneticamente determinati troviamo i ROS e la glicazione. Le specie reattive dell'ossigeno, come l'anione superossido e l'acqua ossigenata reagiscono con i lipidi, le proteine e gli acidi nucleici, danneggiandoli. I ROS hanno particolare affinità per i lipidi ricchi di doppi legami, come quelli che si trovano nelle membrane biologiche. Nel corso

dell'inflammatione o in presenza di malattie genetiche, come il Parkinson o la Sclerosi Laterale Amiotrofica, la concentrazione di specie reattive dell'ossigeno aumenta notevolmente causando stress ossidativo. Danneggiando le membrane cellulari, i ROS alterano l'omeostasi della cellula causandone la lisi. Le cellule, tuttavia, possiedono una serie di sistemi antiossidanti, come le vitamine A, C, E che hanno il compito di eliminare le specie reattive dell'ossigeno. La "teoria mitocondriale dell'invecchiamento" fa riferimento alla maggiore entità di danno che i ROS esplicano nei confronti dei mitocondri. Poiché nei mitocondri avviene la respirazione cellulare, quindi anche la fosforilazione ossidativa, si riscontra in queste centrali energetiche la maggiore concentrazione di specie reattive, di conseguenza anche un maggiore danno a carico del DNA mitocondriale. La glicazione è il secondo meccanismo non-geneticamente determinato che causa la perdita di funzione età-dipendente. La glicazione è una glicosilazione, ovvero la modifica non enzimatica di una struttura proteica a carico dell'apparato del Golgi. Gli elevati livelli di glicemia che si riscontrano spesso negli anziani, a seguito della resistenza sviluppata all'azione insulinica, possono favorire l'insorgenza di fenomeni di glicazione. La cataratta, ad esempio, è una complicanza comunemente riscontrata in pazienti con diabete mellito, causata dalla glicazione delle proteine del cristallino. L'insulino-resistenza che si osserva negli anziani può dipendere dall'obesità, dall'inattività fisica e da cattive abitudini alimentari. Il tessuto muscolare è il principale utilizzatore di glucosio nell'organismo. Il trasportatore per il glucosio, GLUT-4, responsabile dell'assorbimento a livello delle fibre muscolari, può migrare sulla membrana sia grazie all'interazione dell'insulina con il suo recettore di membrana, sia indipendentemente da essa grazie alla contrazione muscolare protratta nel tempo. Poiché negli anziani si manifesta il fenomeno della sarcopenia, ovvero la diminuzione della massa muscolare, il principale utilizzatore di glucosio riduce il suo contributo all'assorbimento causando un innalzamento dei livelli di glicemia. L'attività fisica migliora questa condizione veicolando il glucosio nelle cellule in assenza di insulina, migliorando la sensibilità all'azione insulinica e contribuendo allo sviluppo e al mantenimento del tessuto muscolare. In concomitanza sarebbe ideale anche l'adozione di corrette abitudini alimentari, per poter favorire un invecchiamento con successo.

Con l'avanzare dell'età viene anche alterata la funzione endocrina dell'organismo. I tre sistemi ormonali dipendenti dalla velocità di invecchiamento biologico sono l'ipofisi



anteriore, le gonadi ed il surrene. L'ipofisi anteriore riduce progressivamente il rilascio dell'ormone della crescita GH, con una conseguente riduzione nella sintesi del fattore di crescita insulino-simile-1 (IGF-1), e quindi della crescita cellulare (somatopausa). L'ipofisi anteriore, poiché coinvolta nell'asse ipotalamo-ipofisi-gonadi, è responsabile anche del minore rilascio di ormone luteinizzante (LH), e dell'ormone stimolante i follicoli (FSH). Questo porta ad una produzione minore di estradiolo da parte dell'ovaio e di testosterone da parte dei testicoli, configurando gli stati di menopausa nella donna e di andropausa nell'uomo. Nella corticale della ghiandola surrenale, sebbene diminuisca la produzione di deidroepiandrosterone DHEA, non si evidenziano marcate diminuzioni nel rilascio di ormone corticotropo ACTH e di cortisolo. Poiché l'ipotalamo è a capo dell'asse che regola il rilascio di ormoni da parte delle gonadi e dei surreni, è stata ipotizzata la presenza di un "pacemaker" che media gli effetti età-correlati in queste ghiandole.

Una patologia che si riscontra spesso nell'anziano è l'osteoporosi, ovvero la diminuzione della quantità di tessuto osseo che si realizza quando l'attività osteoclastica supera l'azione di sintesi di matrice ossea a carico degli osteoblasti. Contribuiscono a questa condizione tre elementi: l'inattività fisica, carenze proteiche e di calcio e carenza di ormoni sessuali, in particolare di estrogeni. Nel periodo post-menopausale, la carenza di estrogeni espone le donne a questa complicanza. Nell'uomo è meno frequente poiché una parte di testosterone da esso sintetizzato viene convertito in ormoni estrogeni, fattori protettivi contro tale patologia. La principale conseguenza dell'osteoporosi è la tendenza a sviluppare fratture patologiche ovvero non causate da traumi esterni. Per prevenire questa condizione è importante praticare attività fisica con l'utilizzo di sovraccarichi, seguendo programmi di allenamento individualizzati. L'azione di trazione che il tendine esercita sull'osso, tramite l'utilizzo di carichi dinamici piuttosto che statici, è l'elemento chiave che determina l'aumento della densità ossea. L'effetto osteogenico indotto da questa tipologia di esercizio è proporzionale alla frequenza di allenamento.

### 1.3.1 *Effetti delle modificazioni dei sistemi neuro cognitivo e muscolare sul rischio caduta*

Nell'anziano si riscontra un aumentato rischio di cadute e conseguente infortunio ad esse correlate. È corretto ipotizzare che tali fenomeni siano dipendenti dal grado di invecchiamento di due sistemi: nervoso e muscolare. Negli anziani è stata registrata una riduzione del 37% dei neuroni spinali e del 10% della velocità di conduzione nervosa: questi elementi caratterizzano il processo di invecchiamento del sistema nervoso centrale (3). Indagando i tempi di reazione è stato osservato un incremento della durata di elaborazione dello stimolo in funzione dell'invecchiamento. Il riflesso rotuleo conferma questi risultati. Infatti, poiché esso non richiede elaborazione a livello centrale risulta meno influenzato dall'invecchiamento rispetto alle risposte volontarie.

Il cambiamento cognitivo fa parte del normale processo di invecchiamento ed è ben documentato in letteratura. Alcune abilità cognitive, come il vocabolario, sono resistenti all'invecchiamento del cervello e possono anche migliorare con l'età. Altre abilità, come il ragionamento concettuale, la memoria e la velocità di elaborazione, diminuiscono gradualmente nel tempo. L'intelligenza di una persona può essere suddivisa in cristallizzata e fluida. Si parla di intelligenza cristallizzata per identificare tutte quelle abilità e conoscenze che sono consolidate, familiari e ben praticate dalla persona. Le abilità cristallizzate rimangono stabili o subiscono un incremento graduale con il tempo, il vocabolario e la conoscenza generale sono esempi di abilità cristallizzate. Poiché questa forma di intelligenza dipende dalle informazioni accumulate tramite le esperienze, l'anziano ha una migliore performance rispetto al giovane. L'intelligenza fluida invece riguarda l'abilità di problem-solving e di ragionamento, meno familiari e indipendenti da cosa una persona ha imparato nel corso della vita. Le funzioni esecutive, la velocità di processazione, memoria e abilità psicomotoria, sono considerate di dominio dell'intelligenza fluida. La velocità di processazione si riferisce alla velocità con cui le attività cognitive vengono svolte, un esempio è la velocità delle risposte motorie. Questa abilità fluida inizia a declinare nella terza decade di vita e prosegue fino alla morte (4). Una diminuzione della velocità dei processi mentali e quindi delle risposte motorie potrebbe essere una delle cause che porta l'anziano a manifestare un aumentato rischio di cadute, poiché un tempo troppo lungo nell'elaborazione di una strategia per evitare la caduta e quindi mantenimento del centro di massa all'interno della base di appoggio, può

portare alla perdita dell'equilibrio e di conseguenza alla caduta. Si parla di funzionamento esecutivo in riferimento alle capacità che contribuiscono a rendere una persona indipendente, appropriata, propositiva e con un comportamento egoistico. Esso include un ampio spettro di abilità cognitive come la capacità di auto monitorare, pianificare, organizzare, ragionare, essere mentalmente flessibile e risolvere problemi. La ricerca ha dimostrato che la formazione concettuale, l'astrazione e la flessibilità mentale diminuiscono con l'età, specialmente dopo i 70 anni (5), poiché gli anziani tendono a pensare in modo più concreto rispetto agli adulti più giovani (6,7). Le abilità esecutive che richiedono una componente motoria velocizzata sono particolarmente suscettibili agli effetti dell'invecchiamento (8). Quando un anziano cade possiamo ipotizzare che la velocità nel segnale motorio che invia informazioni relative alle abilità esecutive sia diminuita, di conseguenza la contrazione della muscolatura che permetterebbe di eseguire il movimento per prevenire la caduta avviene in tempi maggiori, favorendo la configurazione dell'evento avverso e degli infortuni che ne derivano.

A livello del sistema nervoso si verificano alcuni cambiamenti fisiologici correlati con l'età che sottendono il decadimento neuro cognitivo appena descritto. Il volume della sostanza grigia inizia a diminuire dopo i 20 anni (9). Il declino della sostanza grigia viene spiegato con la diminuzione delle dimensioni dei neuroni e del numero di connessioni tra di loro (10). I neuroni subiscono cambiamenti morfologici con l'invecchiamento, tra cui una diminuzione della complessità dell'arborizzazione della dendrite, una diminuzione della lunghezza del dendrite e una diminuzione delle spine neuritiche (i principali siti per le sinapsi eccitabili). Questi cambiamenti morfologici probabilmente contribuiscono direttamente alla riduzione della densità sinaptica (11). La diminuzione della materia bianca con l'avanzare dell'età è più grande della diminuzione della materia grigia. O'Sullivan e collaboratori hanno dimostrato una correlazione legata all'età tra declino della materia bianca nella porzione anteriore e deficit nelle funzioni esecutive (12). Nel fenomeno delle cadute oltre al declino del sistema nervoso e delle funzioni ad esso associate, si può ipotizzare che contribuisca direttamente anche il fenomeno della sarcopenia. Come tutti gli altri tessuti dell'organismo, anche quello muscolare è soggetto alla progressiva perdita funzionale fisiologica. L'invecchiamento del muscolo scheletrico prende il nome di sarcopenia. Il termine deriva dal greco "Sarx" che sta per "carne" e "Penia" che sta per "perdita", quindi letteralmente significa perdita di carne. Nel 2010

l'European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP, ha definito la sarcopenia come una sindrome caratterizzata da progressiva e generalizzata perdita di massa muscolare scheletrica e di forza, che aumenta il rischio di incorrere in eventi avversi come la disabilità fisica, diminuzione della qualità della vita e aumentato rischio di morte. La sarcopenia rappresenta la perdita di forza e di massa muscolare negli individui più anziani ed è il fattore che determina maggiormente il rischio di cadute e la mancanza di abilità nello svolgere attività di vivere quotidiano. L'individuo con sarcopenia perde progressivamente la propria indipendenza e corre un maggior rischio di morte dovuto all'incremento di cadute e dei conseguenti eventi traumatici. La perdita di massa muscolare è fisiologicamente associata al processo di invecchiamento. Con l'avanzare dell'età il muscolo viene alterato quantitativamente e qualitativamente. La massa muscolare umana raggiunge i livelli massimi fra i 20 ed i 40 anni di età (13). Dopo di che, durante la quarta decade il corpo perde lo 0,5% circa della sua massa muscolare all'anno. Questa percentuale cresce all'1% - 2% all'anno dopo i 50 anni, e al 3% dopo i 60 anni di età (Fig. 2) (14).

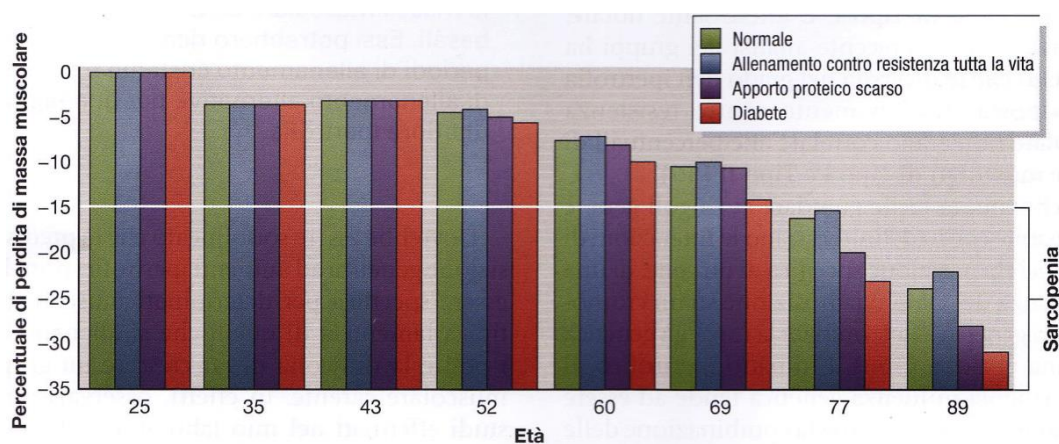


Figura 1.2: Perdita di massa muscolare in funzione dell'età. Tratto da "Scienza e sviluppo dell'ipertrofia muscolare" (15).

La sarcopenia è il risultato di atrofia e ipoplasia muscolare. L'atrofia è definita come la riduzione del volume delle singole fibre muscolari per diminuzione del materiale contrattile. L'ipoplasia, ovvero la riduzione del numero delle singole cellule, è la conseguenza del fenomeno della "senescenza replicativa" a carico delle cellule satelliti. In concomitanza con l'atrofia e l'ipoplasia si presenta l'allargamento degli spazi sarcoplasmatici, la rottura delle bande z e delle miofibrille. Inizialmente la sarcopenia è

caratterizzata da una diminuzione nella dimensione del muscolo, successivamente con il passare del tempo si assiste a modificazione del suo contenuto istologico. Le fibre muscolari vengono rimpiazzate con il tessuto adiposo, aumenta il processo di fibrosi ed i livelli di stress ossidativo, il metabolismo muscolare muta e la placca neuromuscolare degenera progressivamente. Tra le cause che portano all'alterazione del trofismo muscolare, ovvero il contenuto di proteine contrattili all'interno delle fibre e il numero delle fibre stesse, troviamo: inattività fisica; diminuzione dei livelli ematici di GH, IGF-1 e testosterone; carenze alimentari e proteiche; denervazione dei motoneuroni a; diminuzione del contenuto delle cellule satelliti, specialmente nelle fibre muscolari di tipo II. Numerose possono essere le cause che portano all'insorgenza della sarcopenia; tuttavia, è necessario un sistema oggettivo che permetta di classificare gli individui a seconda della loro condizione. A tal proposito l'European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) ha proposto 3 criteri diagnostici che permettono di valutare oggettivamente l'entità della sarcopenia:

1. Bassa massa muscolare (LMM), associata ad un indice di massa muscolare scheletrica minore o uguale a  $8.90\text{kg/m}^2$  per gli uomini e minore o uguale a  $6.37\text{kg/m}^2$  per le donne. Questo indice viene misurato tramite densitometria DEXA;
2. Bassa forza muscolare (LMS), associata ad un test di forza nella presa minore a 30 kg per gli uomini e minore a 20 kg per le donne. Questo indice viene misurato tramite l'utilizzo di dinamometri;
3. Bassa performance fisica (LPP), associata ad una velocità di camminata minore o uguale a 0.8 m/s sia per gli uomini che per le donne, misurata tramite l'utilizzo di macchinari come il treadmill.

La sarcopenia viene diagnosticata quando è presente bassa massa muscolare in abbinamento ad uno o entrambi gli altri elementi misurati (la forza muscolare e la performance fisica). Quasi sempre la sarcopenia viene associata alla condizione di fragilità visto il comune meccanismo patogenetico.

La fragilità è una sindrome geriatrica, caratterizzata da debolezza generalizzata, ridotto equilibrio, ridotta mobilità e resistenza, che coinvolge numerosi sistemi fisiologici e impedisce all'organismo di rispondere efficacemente agli stress ambientali. Questa sindrome incrementa la vulnerabilità degli anziani, portando ad un maggior numero di cadute, maggiori visite ospedaliere e inoltre costituisce un fattore di rischio mortale. Si

parla di fragilità quando si manifestano tre o più dei seguenti elementi: perdita di peso involontaria; esaurimento; bassa velocità del cammino; basso livello di attività fisica; debolezza (16). A dispetto di ciò bisogna ricordare che i muscoli delle persone anziane conservano la plasticità muscolare, ovvero la capacità di adattamento sia a seguito di esercizi di forza che di resistenza. Quando il muscolo umano è soggetto all'allenamento con sovraccarico produce una isoforma muscolo specifica di IGF, chiamata Mechano Growth Factor (MGF). Questo ormone gioca il suo ruolo nella genesi dell'ipertrofia muscolare. La capacità del muscolo di adattarsi agli allenamenti di forza anche grazie alla produzione di MGF viene conservata nell'anziano. Poiché l'allenamento con sovraccarico stimola i processi di adattamento muscolare, esso rappresenta un valido strumento per il trattamento non farmacologico alla sarcopenia. Sia l'allenamento contro resistenza (RT), che l'allenamento incentrato allo sviluppo della forza (ST), sono valide opzioni di applicazione di questa tipologia di trattamento. Nella prevenzione e nel trattamento della sarcopenia l'attività fisica rimane lo strumento migliore, grazie agli adattamenti che induce. È importante quindi promuovere uno stile di vita attivo che permetta all'anziano di mantenere un buon tono muscolare, importante per la prevenzione degli eventi traumatici da caduta, per una miglior qualità della vita e per la maggior indipendenza che porta a sperimentare. L'incidenza con cui si verifica l'evento traumatico della caduta è proporzionale al grado di decadimento delle funzioni sia cognitive/nervose che muscolari. L'esercizio fisico gioca un ruolo fondamentale nella prevenzione di tali eventi, poiché agisce rallentando il decadimento funzionale correlato con il processo di invecchiamento. Nel prossimo capitolo verrà descritto come l'integrazione dell'allenamento di forza e di equilibrio nella popolazione anziana avere effetti positivi in termini di riduzione del numero di cadute, quindi di infortuni, portando l'individuo a sperimentare una qualità di vita migliore.

#### *1.4 Epidemiologia delle cadute*

Le cadute sono comunemente definite come il raggiungimento del pavimento o di un altro livello inferiore in modo involontario. Esse vengono inserite tra le cause esterne di infortuni non intenzionali. Nel 2007 la World Health Organization ha pubblicato il "Global Report on Falls Prevention in older age" (17) nel quale ha quantificato la

grandezza del problema delle cadute nel mondo. E' emerso che approssimativamente il 28-35% delle persone di 65 anni o più, cade ogni anno; il dato passa al 32-42% per coloro che superano i 70 anni. La frequenza delle cadute aumenta all'aumentare dell'età e del livello di fragilità. Le persone anziane che vivono nelle case di riposo sono soggette ad un numero maggiore di cadute rispetto a coloro che vivono autonomamente nella comunità. Approssimativamente il 30-50% delle persone che vivono nelle strutture a lungodegenza cadono ogni anno, e il 40% di loro sperimenta cadute ricorrenti (18). L'incidenza delle cadute è stata indagata anche in altri paesi: in Cina l'incidenza è del 6-31%, in Giappone il 20% degli anziani cade ogni anno; per quanto riguarda l'America latina e le regioni caraibiche è stato riscontrato un tasso del 21.6% di cadute nelle Barbados e del 34% in Cile. La situazione in Italia è stata indagata dall'Istituto Superiore di Sanità, intervistando 54585 persone di età maggiore a 65 anni nel corso del quadriennio 2017-2020 (Fig. 1.3). Lo scopo di questa indagine è stato duplice: da un lato quantificare l'entità del problema a livello nazionale, dall'altro cercare di individuarne le cause osservando la distribuzione dello stesso all'interno della popolazione anziana. L'8% degli intervistati ha dichiarato di essere caduto nei 30 giorni precedenti l'intervista e, nel 18% dei casi è stato necessario il ricovero ospedaliero di almeno un giorno. Le cadute sono più frequenti con l'avanzare dell'età: le riferiscono il 7% dei 65-74enni e il 12% degli ultra 85enni, e fra le donne di età compresa tra 65 e 74 anni, 90% vs 7% negli uomini. Le difficoltà economiche incidono sulla frequenza di cadute delle persone con il 15% che rischia di cadere a differenza del 7% tra chi non presenta difficoltà economiche. Anche le differenze geografiche incidono: i residenti nel meridione hanno registrato, nel quadriennio 2017-2020, una frequenza di cadute pari al 10% della popolazione meridionale, mentre chi risiede nel Nord Italia del 7%. Del campione totale circa 4 intervistati su 10 hanno paura di cadere, dato che sale a 7 su 10 fra chi ha già vissuto questo evento. La paura di cadere cresce con l'età, è maggiore nelle donne, in chi ha molte difficoltà economiche o bassa istruzione e in chi vive da solo. La caduta può anche essere associata a sintomi depressivi, presenti nel 24% delle persone che hanno subito una caduta negli ultimi 30 giorni. Per quanto riguarda il luogo in cui avviene la caduta domina l'ambiente domestico con il 63% della prevalenza, dalla strada (21%), dal giardino (11%) e altri posti (6%). Nonostante la casa sia l'ambiente con maggior frequenza di cadute per la popolazione anziana, solo 1 intervistato su 3 la reputa un luogo in cui la probabilità di

avere un infortunio è alta o molto alta. Questa consapevolezza cresce con l'età (44% fra gli ultra 85enni) ed è maggiore fra le donne, (39% vs. 26%) e fra le persone con molte difficoltà economiche (46%) o una bassa istruzione (37%). In bagno, il 63% degli intervistati riferisce di adottare il tappetino come presidio anticaduta nella vasca da bagno o nella doccia, mentre è minore il ricorso ai maniglioni (21%) o ai seggiolini (16%). Nel complesso solo il 68% degli intervistati ricorre all'uso di almeno uno di questi presidi anticaduta in bagno, mentre il restante 32% non ne utilizza. All'aumentare dell'età aumenta l'utilizzo di questi presidi, tra gli ultra 85enni raggiunge l'81%, tra le donne il 72%, fra le persone con maggiori difficoltà economiche il 75%, fra chi ha un basso livello di istruzione il 72% e fra i residenti nelle regioni meridionali il 73% rispetto al 62% di chi risiede nel Nord-Italia. La distribuzione dell'utilizzo dei presidi anticaduta dimostra che a farne maggior uso sono i sottogruppi della popolazione con le più alte prevalenze nelle cadute e questo lascia immaginare un uso di questi presidi dettato dall'esperienza vissuta e finalizzato a prevenire altre cadute piuttosto che ad una scelta preventiva a priori. Per quanto riguarda l'attenzione degli operatori sanitari, risulta essere ancora troppo bassa quella rivolta al problema delle cadute fra gli anziani: solo il 16% degli intervistati dichiara di aver ricevuto, nei 12 mesi precedenti all'intervista, un consiglio dal medico o da un operatore sanitario su come evitare le cadute. Le cadute sono una causa importante sia di morbilità sia di mortalità, nonché la fonte principale di lesioni fatali e non fatali tra gli anziani (19). I fattori di rischio per le cadute, ai quali è maggiormente esposta la popolazione anziana sono: problemi di equilibrio e debolezza muscolare; deficit visivi; carenza di vitamina D; uso di medicinali (come tranquillanti, sedativi o antidepressivi); patologie croniche, come malattie cardiache, demenza, ipertensione o ipotensione che può portare a vertigini e ad una breve perdita di coscienza; dolore ai piedi o utilizzo di calzature inappropriate. Anche le condizioni domestiche sfavorevoli possono aumentare la probabilità di cadute nell'anziano. Tra queste troviamo: pavimenti bagnati o lucidati, scarsa illuminazione, tappeti non adeguatamente fissati al pavimento, scale. L'osteoporosi, una patologia comune tra le donne anziane ma che può colpire anche gli uomini, può peggiorare l'entità del danno correlato con la caduta. Circa il 30-50% delle cadute negli anziani porta a lesioni guaribili in pochi giorni, inclusi lividi, abrasioni, lacerazioni, ma circa il 10% di tutte le cadute negli anziani causa lesioni gravi, tra cui lesioni intracraniche e fratture. Nonostante ciò, meno della metà dei pazienti che cadono lo comunica al proprio



medico, poiché attribuiscono l'evento come normale conseguenza del processo di invecchiamento oppure temono di venire limitati nelle loro attività o addirittura istituzionalizzati. In Italia nel 2014 secondo l'Istat, tra le vittime di incidenti domestici di 65 anni e più, l'incidenza delle cadute è stata del 76,9%, percentuale che sale all'81% nel caso di donne ultrasettantacinquenni (20). L'analisi delle schede di dimissione ospedaliera relative ai ricoveri nel 2010 per incidente domestico mostra come negli anziani le diagnosi di ricovero più frequenti siano: la frattura del femore (46,5% nei maschi e 55,3% nelle femmine), la frattura dell'arto superiore (6% nei maschi e 12% nelle femmine), la frattura della colonna vertebrale (5,2% nei maschi e 4,1% nelle femmine). Una precedente caduta limita la successiva normale esecuzione delle semplici azioni quotidiane nell'anziano, poiché sviluppa maggiore insicurezza e paura di cadere nuovamente. La perdita di sicurezza e la paura di cadere possono accelerare il declino funzionale e indurre depressione o isolamento. Le cadute minacciano l'indipendenza degli anziani e sono responsabili di numerose conseguenze individuali e socioeconomiche, rappresentando un problema di salute con conseguenze anche gravi. Le cadute possono tuttavia essere prevenute tramite l'applicazione di numerosi programmi d'intervento basati sull'evidenze fornite dalla ricerca scientifica. Come prima cosa il medico curante dovrebbe individuare, previa valutazione multifunzionale del paziente, gli interventi utili a prevenire gli incidenti. Tra questi i programmi di esercizio fisico individualizzati mirati allo sviluppo della forza, deambulazione ed equilibrio presentano nella maggior parte dei casi un elevato rapporto costo/benefici. Il medico dovrebbe anche rivalutare le terapie farmacologiche, specialmente in caso di polifarmacoterapia; consigliare dove necessario l'assunzione di integratori di vitamina D; prescrivere controlli alla vista annuali; suggerire la messa in sicurezza delle infrastrutture e degli arredi delle abitazioni.

	Cadute *	Ricovero per caduta **	Paura di cadere	Cadute in casa	Consapevolezza del rischio di infortunio domestico	Uso presidi anticaduta ***	Consiglio medico ****
Abruzzo	7.7	23.3	36.4	82.5	25.5	64.4	12.0
Basilicata	8.2	36.2	44.0	71.7	21.3	73.0	18.7
Calabria	8.4	20.5	47.7	61.6	28.8	76.9	21.2
Campania	10.2	16.8	48.2	62.2	45.9	78.8	25.1
Emilia Romagna	7.1	8.5	35.2	53.1	34.1	70.4	8.2
Friuli Venezia Giulia	4.7	11.2	33.7	55.9	21.6	60.1	11.2
Lazio	7.6	19.8	44.3	59.2	36.4	69.9	15.0
Liguria	8.4	14.8	41.4	55.2	40.3	59.5	11.7
Lombardia							
Marche	12.3	10.7	42.7	75.9	31.2	54.7	18.8
Molise	11.5	3.5	23.5	86.5	41.0	86.2	6.0
Piemonte	4.7	24.4	21.7	81.6	13.6	46.0	21.0
Provincia di Bolzano	10.0	19.7	33.5	52.1	23.9	59.3	13.7
Provincia di Trento	9.2	19.6	34.3	68.8	35.4	59.3	13.2
Puglia	11.3	39.3	42.1	67.7	36.3	67.9	21.4
Sardegna	9.4	7.7	46.4	63.4	22.4	61.4	10.8
Sicilia	11.7	16.5	40.4	58.7	40.3	71.1	21.3
Toscana	4.3	20.6	28.5	62.9	37.4	69.8	13.8
Umbria	8.9	17.3	44.1	63.9	40.5	72.5	16.2
Valle d'Aosta							
Veneto	8.5	12.1	36.4	63.9	30.9	63.4	12.3
<b>Italia</b>	<b>8.6</b>	<b>18.9</b>	<b>39.6</b>	<b>63.5</b>	<b>33.4</b>	<b>66.9</b>	<b>16.6</b>

■ peggiore del valore nazionale     
■ simile al valore nazionale     
■ migliore del valore nazionale

\* = Cadute avvenute nei 30 giorni precedenti l'intervista

\*\* = Persone cadute nei 30 giorni precedenti l'intervista che a seguito della caduta hanno subito un ricovero di almeno un giorno

\*\*\* = Almeno 1 presidio usato in bagno tra fra tappetini, maniglioni o seggiolini

\*\*\*\* = Consiglio da parte di un medico o altro operatore su come evitare le cadute

Figura 1.3: Dati regionali relativi alle cadute rilevati in Italia nel quadriennio 2017-2020, tratto da Istituto Superiore di Sanità (21)

## **CAPITOLO 2**

### **Ruolo dell'esercizio fisico nella prevenzione delle cadute**

#### *2.1 Linee guida per l'esercizio fisico nell'anziano secondo l'ACSM*

Il processo d'invecchiamento è caratterizzato da caratteristiche specifiche anche per quanto riguarda la componente sensitivo-motoria. In questo paragrafo, dopo un excursus sugli effetti dell'invecchiamento e sull'utilizzo dell'esercizio fisico come mezzo di prevenzione, verranno illustrate le linee guida proposte dall'American College of Sports Medicine (22).

Con l'avanzare dell'età si manifesta il decadimento dei sistemi strutturali e funzionali anche in assenza di evidenti malattie. Poiché questi cambiamenti legati all'età colpiscono i tessuti, gli organi e le funzioni, possono avere un impatto significativo sulle attività della vita quotidiana e le limitazioni dell'individuo stesso. L'invecchiamento è correlato in modo significativo con il declino del volume e dell'intensità di allenamento. Come dimostrano interviste, sensori di movimento corporeo e approcci diretti che valutano la spesa energetica giornaliera, la popolazione anziana è generalmente meno attiva a livello fisico rispetto ai giovani (23) anche se il tempo totale giornaliero dovrebbe essere lo stesso (24).

All'aumentare dell'età aumenta il rischio di sviluppare malattie croniche potenzialmente mortali, come malattie cardiovascolari, diabete di tipo 2, obesità e cancro. L'attività fisica gioca un ruolo importante nella riduzione del rischio di insorgenza delle malattie croniche. La popolazione anziana, inoltre, manifesta la più alta prevalenza di condizioni degenerative muscoloscheletriche come l'osteoporosi, l'artrite e la sarcopenia (25).

A livello senso-motorio nella popolazione anziana si manifestano questi cambiamenti tipici:

- Diminuisce la forza isometrica, concentrica ed eccentrica dai 40 anni con una accelerazione dopo i 65-70 anni. Nei distretti inferiori del corpo la forza diminuisce più rapidamente rispetto a quelli superiori. La potenza diminuisce più rapidamente della forza. I deficit di forza e potenza sono validi perditori del rischio di disabilità e mortalità;

- La resistenza globale diminuisce, mentre il mantenimento di forza ad una data intensità relativa può incrementare con l'età. Tuttavia, gli effetti dell'età sul meccanismo della fatica non sono chiari, sono compito-dipendenti e potrebbero impattare sul recupero da compiti ripetitivi giornalieri;
- Si manifestano cambiamenti sensoriali, motori e cognitivi che alterano la biomeccanica del gesto di sedersi ed alzarsi da una sedia, in piedi e in locomozione. Tali cambiamenti possono colpire in modo avverso l'equilibrio e la mobilità. Alterazioni a livello dell'equilibrio inoltre aumentano la paura di cadere e possono diminuire la frequenza delle attività quotidiane.
- Incrementa il tempo di reazione, mentre diminuisce la velocità di movimenti semplici e ripetitivi. Si manifestano alterazioni nel controllo e nella precisione dei movimenti, aumenta infatti il numero di compiti complessi e diminuisce quello di compiti semplici. La riduzione della velocità dei movimenti ha impatto sulle attività di vita quotidiana indipendenti e incrementa il rischio di infortunio e il tempo di apprendimento del compito.
- È presente un declino significativo del ROM di anca (20-30%), schiena (20-30%) e ginocchio (30-40%) da un'età di circa 70 anni, specialmente nelle donne. L'elasticità di muscoli e tendini diminuisce, questa scarsa flessibilità può incrementare il rischio di infortunio, caduta e back pain.

L'invecchiamento è dovuto a 3 processi: processo di invecchiamento cellulare (primario), insorgenza di malattie croniche e stile di vita (secondario) e genetico. L'attività fisica non può agire in modo specifico sul processo primario, quindi aumentare la massima aspettativa di vita nell'uomo. Può però agire incrementando l'aspettativa di vita media, tramite il suo effetto nel prevenire lo sviluppo delle patologie croniche, riducendo quindi il processo secondario di invecchiamento. L'attività fisica regolare mitiga i cambiamenti biologici legati all'età ed i loro effetti associati sulla salute e sul benessere, attraverso la conservazione della capacità funzionale. Gli anziani sani sono in grado di sviluppare adattamenti positivi a seguito di stimoli acuti, sia per quanto riguarda l'allenamento aerobico che quello contro resistenza. Per quanto riguarda l'allenamento aerobico l'anziano può sviluppare un incremento relativo del VO<sub>2</sub> max, della risposta metabolica sub-massimale e della tolleranza all'esercizio. mentre per quanto riguarda l'allenamento

contro resistenza aumenta la forza, la resistenza e la grandezza dei muscoli degli arti. L'attività fisica regolare può influenzare in modo favorevole una vasta gamma di sistemi fisiologici e può essere un fattore di stile di vita che discrimina tra chi invecchia con successo e chi no. Numerose prove dimostrano che l'attività fisica regolare riduce il rischio di sviluppare numerose condizioni e malattie croniche, tra cui malattie cardiovascolari, ictus, ipertensione, diabete mellito di tipo 2, osteoporosi, obesità, cancro al colon, cancro al seno, deterioramento cognitivo, ansia e depressione. Infatti l'attività fisica regolare riduce il rischio di sviluppare un gran numero di malattie e condizioni croniche, inoltre è uno strumento prezioso che può essere utilizzato nel trattamento di numerose malattie. La partecipazione vigorosa a programmi di Aerobic training è stata associata nel lungo termine ad un'elevata riserva cardiovascolare e adattamenti muscoloscheletrici che consentono all'individuo anziano di sostenere un carico di esercizio sub-massimale con meno stress cardiovascolare rispetto a coetanei non allenati. Inoltre, rallentando l'accumulo di grasso corporeo centrale legato all'età, l'esercizio aerobico ha un effetto cardioprotettivo. I programmi di allenamento aerobico per incrementare il VO<sub>2</sub> max negli individui di mezza età o anziani devono avere intensità maggiore del 60% del VO<sub>2</sub> max pre-training, una frequenza di allenamento pari o maggiore alle 3 volte a settimana ed una durata pari o maggiore alle 16 settimane. Negli studi che coinvolgevano adulti e anziani in sovrappeso, l'allenamento aerobico a moderata intensità si è mostrato essere efficiente nella riduzione della massa grassa totale (26). In contrasto, la maggior parte degli studi ha riportato effetti non significativi dell'allenamento aerobico sullo sviluppo della massa magra (26), questo è correlato alla tipologia di allenamento ripetitiva ed a basse forze di contrazione muscolare, che non stimola in modo significativo la crescita muscolare e l'aumento di forza. L'allenamento aerobico può indurre differenti adattamenti metabolici favorevoli tra cui un aumento del controllo glicemico, una maggiore clearance dei lipidi post-prandiali e l'utilizzo preferenziale del grasso durante l'esercizio sub-massimale (28). Infine, l'Aerobic training può essere efficace nel contrastare il declino della densità minerale ossea nelle donne in menopausa (29).

Gli anziani che praticano con regolarità il Resistance training tendono ad avere una massa muscolare più elevata (30), sono generalmente più magri e sono più forti del 30-50% (30) rispetto ai loro coetanei sedentari. Rispetto agli atleti di Aerobic training di pari età, gli

atleti di Resistance training hanno una massa muscolare totale maggiore (30), densità minerali ossee più elevate (31) e mantengono una maggiore forza muscolare e potenza (30). Gli anziani possono aumentare sostanzialmente la loro forza grazie al Resistance training, con aumenti riportati che vanno da meno del 25% a superiori al 100% (32). Dopo l'allenamento contro resistenza sono stati registrati incrementi della potenza nell'anziano (32). L'incremento della frequenza di scarica e del reclutamento di unità motorie indotti post allenamento contro resistenza contribuiscono ad aumentare la qualità muscolare (33), elemento direttamente proporzionale alla performance muscolare intesa come forza o potenza, e all'unità muscolare cioè volume o massa muscolare. L'incremento della qualità muscolare è simile tra anziani e giovani (34), e non sembra essere sesso-specifico. Sono stati riportati cambiamenti favorevoli a livello di composizione corporea, con aumento della massa muscolare e diminuzione della massa grassa, negli anziani che partecipano a programmi di Resistance training ad intensità da moderata a elevata. Una revisione di Hunter e colleghi (35), che includeva 20 studi, ha rilevato che gli anziani mostrano livelli di sviluppo ipertrofico del tessuto muscolare che vanno dal 10% al 62% a seguito di programmi di resistance training. Diversi studi hanno scoperto che il resistance training da moderato a intenso, diminuisce la massa grassa corporea totale, con perdite che vanno dall'1,6% al 3,4% (36).

Attività di allenamento dell'equilibrio, come la forza della parte inferiore del corpo e le camminate su terreni instabili, si sono rivelate strumenti molto validi che migliorano significativamente l'equilibrio e per tale motivo vengono raccomandate come parte dell'intervento di esercizio utile alla prevenzione delle cadute (37). Gli anziani identificati a più alto rischio di cadute sembrano beneficiare di un programma di esercizio personalizzato, incorporato in un intervento di prevenzione delle cadute più ampio e multi-fattoriale (38). I programmi multimodali di equilibrio, forza flessibilità e deambulazione hanno dimostrato di ridurre il rischio di cadute con conseguenze sia dannose che non dannose. Alcune prove sostengono che anche i programmi tai chi possono essere efficaci nel ridurre il rischio di cadute dannose e non dannose (39).

Sono pochi gli studi che hanno esaminato l'effetto dell'esercizio di flessibilità sul ROM articolare negli anziani. Alcune prove sostengono che la flessibilità può essere aumentata nelle articolazioni principali tramite esercizi. Tuttavia, non c'è ancora chiarezza sulla tipologia e l'applicazione dei protocolli più efficaci, al fine di aumentare il ROM. È stato

dimostrato che l'allenamento contro resistenza può avere un impatto favorevole sulla camminata, sul supporto della sedia e sulle attività di equilibrio: tuttavia, sono necessarie ulteriori informazioni per comprendere la natura precisa della relazione tra esercizio fisico e prestazioni funzionali.

Ci sono prove considerevoli che l'attività fisica regolare è associata a miglioramenti significativi della salute psicologica generale e del benessere (40).

Mc Auley e Katula (41) hanno esaminato nella letteratura la relazione tra attività fisica e autoefficacia negli anziani. Hanno concluso che la maggior parte degli studi di allenamento con esercizi ben controllati si traducono in miglioramenti significativi sia nella forma fisica che nell'autoefficacia per l'attività fisica negli anziani.

Sebbene nessun dosaggio, alto o basso che sia, di attività fisica possa fermare il processo di invecchiamento biologico, è evidente che l'esercizio fisico regolare possa ridurre al minimo gli effetti fisiologici di uno stile di vita sedentario e aumentare l'aspettativa di vita limitando lo sviluppo e la progressione di malattie croniche e condizioni invalidanti. Non è ancora possibile descrivere in dettaglio i programmi di esercizio che ottimizzano la funzione fisica e la salute in tutti i gruppi di anziani. Nuove prove suggeriscono anche che alcune delle risposte adattive all'allenamento fisico sono sensibili al genotipo, almeno negli studi sugli animali (42).

È possibile tuttavia trarre diverse conclusioni, basate sull'evidenza scientifica, relative all'esercizio fisico e all'attività fisica nella popolazione adulta più anziana:

1. Una combinazione di Aerobic training e di Resistance training sembra essere più efficace di entrambe le forme di allenamento da sole nel contrastare gli effetti dannosi di uno stile di vita sedentario sulla salute e sul funzionamento del sistema cardiovascolare e dei muscoli scheletrici;
2. Sebbene ci siano chiari benefici sulla fitness, metabolismo e prestazioni associati a programmi di allenamento con esercizi ad alta intensità negli anziani sani, è ora evidente che tali programmi non devono essere ad alta intensità per ridurre i rischi di sviluppare malattie cardiovascolari e metaboliche croniche. Tuttavia, l'esito del trattamento di alcune malattie consolidate e sindromi geriatriche è migliore con l'esercizio fisico ad alta intensità (ad esempio diabete di tipo 2, depressione clinica, osteopenia, sarcopenia, debolezza muscolare);

3. Gli effetti acuti di una singola sessione di esercizio aerobico sono relativamente di breve durata e gli adattamenti cronici a ripetute sessioni di esercizio si perdono rapidamente alla cessazione dell'allenamento, anche negli anziani regolarmente attivi;
4. L'insorgenza e i modelli di declino fisiologico con l'invecchiamento variano tra i sistemi fisiologici e tra i sessi, e alcune risposte adattive all'allenamento dipendono dall'età e dal sesso. Pertanto, la misura in cui l'esercizio fisico può invertire il deterioramento fisiologico associato all'età può dipendere, in parte dallo stato ormonale e dall'età in cui viene avviato un intervento specifico;
5. Idealmente, la prescrizione di esercizi per gli anziani dovrebbe includere esercizio aerobico, esercizi di rafforzamento muscolare ed esercizi di flessibilità. Inoltre, le persone a rischio di caduta o compromissione della mobilità dovrebbero anche eseguire esercizi specifici per migliorare l'equilibrio oltre alle componenti della forma fisica correlati alla salute.

## *2.2 Benefici dell'allenamento di forza nella popolazione anziana*

Il resistance training (RT) è efficace per contrastare la debolezza muscolare e la fragilità fisica: attenua le infiltrazioni di tessuto adiposo nel muscolo, migliora la performance fisica, aumenta l'area della sezione trasversa delle fibre muscolari, migliora la qualità del muscolo, la densità ossea, la salute metabolica e la sensibilità all'insulina. Inoltre, migliora la qualità della vita riducendo il rischio di cadute e fratture nella popolazione anziana. Nonostante questi effetti benefici solamente l'8,7% degli anziani sopra i 75 anni partecipa ad attività di allenamento per la forza (43). Sia la ricerca che l'esperienza clinica hanno osservato che l'allenamento contro resistenza è sicuro sia per gli anziani sani, che per quelli con patologie. Una ricerca sistematica compiuta su 20 studi che includevano un totale di 2544 anziani di età compresa tra i 70-92 anni, ha riportato un solo caso di dolore alla spalla (44). Quando viene registrato un elevato numero di infortunati le cause sono da ricercare nell'inappropriata gestione del carico, nella cattiva selezione degli esercizi e nella errata tecnica esecutiva. Se i parametri del carico vengono gestiti in maniera ottimale, e gli esercizi vengono selezionati ed eseguiti adeguatamente, con una corretta tecnica esecutiva, gli infortuni si riducono al minimo. I programmi di allenamento



devono tenere in considerazione le caratteristiche fisiche, psicologiche e le condizioni patologiche dell'individuo. Con gli individui anziani, infatti, è importante rispettare i principi di individualizzazione, periodizzazione e progressione del carico. La preoccupazione principale in sede di periodizzazione dell'allenamento è la tolleranza al carico nell'anziano ed il tempo necessario per il recupero ottimale. Conlon e colleghi (45) hanno comparato l'allenamento non periodizzato con l'allenamento periodizzato per blocchi e con l'allenamento a periodizzazione ondulata giornaliera (in quest'ultimo lo stimolo allenante varia di sessione in sessione). I soggetti erano gruppi di uomini di 72 anni e di donne di 70. I risultati hanno evidenziato miglioramenti per quanto riguarda:

- Pressione sanguigna sistolica
- Composizione corporea
- Forza massimale
- Capacità funzionale
- Capacità di equilibrio

in entrambi i protocolli di allenamento periodizzato, rispetto a quello non periodizzato. I risultati supportano il concetto che ciascun programma di allenamento deve essere periodizzato, progredendo gradualmente con l'intensità di lavoro ed individualizzando la selezione degli esercizi, i parametri del carico ed i metodi di allenamento. Per mantenere la sicurezza di allenamento è richiesta la progettazione di programmi di allenamento adeguati, che comprendano adattamenti specifici per la popolazione anziana affetta da patologie età dipendenti. Per quanto riguarda i parametri del carico di lavoro, nel 2019 la National Strength and Conditioning Association ha proposto delle indicazioni da seguire in sede di programmazione dell'allenamento con sovraccarico per l'anziano (46).

- Intensità: l'intensità equivale al carico sollevato dall'individuo ad ogni ripetizione e viene espressa come percentuale rispetto alla singola ripetizione massimale. Per i principianti, soggetti con ipertensione oppure osteoporosi, tale parametro deve essere tollerabile e non eccessivamente elevato, quindi tra il 50-60% dell'1RM. Progredendo con il programma di allenamento, e tramite la periodizzazione dello stesso, sarà possibile raggiungere intensità comprese tra 70-85% dell'1RM. Steib S. e colleghi (47) hanno osservato che, in virtù del principio di reclutamento delle unità motorie, il maggior sviluppo di forza lo si ottiene a seguito di allenamento

ad alta intensità, >75% 1RM. Inoltre, hanno osservato che gli adattamenti di forza sviluppati con l'allenamento a moderata intensità, 55-75% 1RM, sono maggiori rispetto a quelli sviluppati con l'allenamento a bassa intensità <55% 1 RM. Quindi si può affermare che lo sviluppo della forza muscolare è direttamente proporzionale all'intensità del carico. Tuttavia, bisogna ricordare che in presenza di patologie come l'ipertensione arteriosa non è consigliato utilizzare percentuali eccessivamente elevate dell'1RM. Negli anziani sani, di età >60 anni, l'allenamento contro resistenza dovrebbe raggiungere intensità comprese tra il 70-85% dell'1RM, in modo da ottimizzare i guadagni di forza. Per quanto riguarda invece i cambiamenti nella morfologia muscolare, quindi la stimolazione ipertrofica, è possibile utilizzare carichi medio bassi, nell'ordine del 50-70% dell'1 RM. In riferimento all'attrezzatura da utilizzare nella somministrazione del carico possono essere proposti macchinari, elastici ed allenamento isometrico per i principianti e individui con fragilità o altre patologie età correlate. Con individui sani e dotati di maggior esperienza di allenamento invece è possibile includere nella seduta di allenamento l'utilizzo di bilancieri, manubri, kettlebell e palle mediche. Incrementi e decrementi di intensità di carico vanno inseriti in sede di periodizzazione dell'allenamento per fornire un continuo elemento di novità all'allenamento, che favorisce una maggiore aderenza al programma.

- Volume: il volume di carico è dato dalla somma del numero di serie moltiplicato per il numero di ripetizioni per serie, moltiplicato per il carico sollevato ad ogni ripetizione. Il numero di ripetizioni è fortemente influenzato dall'intensità di carico utilizzata, quindi dalla percentuale rispetto all'1RM. Per i principianti e coloro che sono affetti da particolari patologie, il numero di ripetizioni è compreso tra le 10 e le 15, associate ad una bassa intensità di carico. Con soggetti esperti e sani è possibile utilizzare un range compreso tra le 6 e le 12 ripetizioni a carichi medio elevati, idonei per favorire condizionamenti di forza. Per promuovere guadagni maggiori in termini di forza e ipertrofia muscolare dovrebbero essere prescritte 2-3 serie da 6-12 ripetizioni ciascuna, ad un'intensità compresa tra 50-80% dell'1RM, per ogni gruppo muscolare. Le serie a cedimento non sono necessarie per lo sviluppo di adattamenti neuromuscolari, sono infatti indicate per adattamenti di tipo metabolico. Borde e colleghi (48) hanno osservato tramite una

meta-analisi che l'esecuzione di 2-3 serie da 7-9 ripetizioni ciascuna producono maggiori risultati in termini di guadagno di forza e di massa muscolare rispetto a serie da 12 ripetizioni.

- Frequenza: per frequenza di allenamento si intende il numero di sedute settimanali di allenamento per ciascun gruppo muscolare. Grazie alla stessa meta-analisi di Borde e colleghi (48) è stato possibile osservare inoltre, che tramite una frequenza di 2-3 allenamenti settimanali per gruppo muscolare, è possibile migliorare in maniera ottimale sia la forza che la massa muscolare nelle persone anziane. I giorni di allenamento non devono essere consecutivi tra loro, per garantire un recupero ottimale.

L'allenamento contro resistenza apporta all'organismo una serie di adattamenti fisiologici positivi:

- Un programma di allenamento con sovraccarico adeguatamente impostato può contrastare i cambiamenti dovuti al processo di invecchiamento nella funzione contrattile, atrofia e morfologia del muscolo scheletrico. Una meta-analisi condotta da Peterson e colleghi (20) ha permesso di osservare che negli anziani di età compresa tra i 65-72 anni, a seguito di 20 settimane, in media, di allenamento total body con sovraccarico, aumenta la massa magra di 1.1 kg. Gli autori inoltre hanno osservato che l'utilizzo di volumi maggiori di carico sono associati con incrementi più grandi di massa muscolare;
- L'allenamento con sovraccarico può migliorare forza, potenza muscolare e funzionamento neuromuscolare nell'anziano. Il resistance training è un metodo efficace per contrastare la dinapenia, ovvero la perdita di forza correlata con l'età. A seguito di un programma di allenamento, i miglioramenti si osservano in tutti i gruppi muscolari del corpo. L'entità del guadagno di forza muscolare è direttamente proporzionale all'intensità e al volume, sia nel giovane che nell'anziano, tuttavia i miglioramenti sia di forza che di massa muscolare sono maggiori nel primo rispetto al secondo, infatti il giovane non è succube della perdita di funzione età correlata.

- Il rate of force development (RFD) è una misura della forza esplosiva comunemente derivata dal rapido aumento di forza durante una massima contrazione isometrica volontaria. Con l'invecchiamento l'RFD diminuisce maggiormente rispetto alla forza massima (49). Si suppone che l'RFD sia importante per il mantenimento delle funzioni e nella prevenzione contro il rischio di cadute nell'anziano, per questo motivo è importante stimolare il suo miglioramento e diminuire il suo declino tramite resistance training.
- L'infiammazione cronica età correlata coopera con i meccanismi che inducono la perdita di massa muscolare e delle funzioni muscolari. Una meta-analisi ha osservato che un elevato numero di esercizi, > 8, ad elevata frequenza di allenamento, 3 volte/settimana, e una lunga durata del programma, > 12 settimane, portano ad una riduzione dei livelli di infiammazione misurati attraverso le concentrazioni ematiche della proteina C reattiva e del TNF- $\alpha$  (50).
- L'allenamento con sovraccarico favorisce il mantenimento delle funzioni muscolari con l'avanzare dell'età: infatti nonostante il declino funzionale gli anziani veterani nella pratica del resistance training preservano la forza, la potenza, la massa muscolare e le funzioni muscolari. In uno studio sono stati comparati anziani di 85 anni sollevatori di pesi con un gruppo di controllo costituito da individui di 65 anni con meno esperienza. I risultati hanno mostrato simili livelli di potenza muscolare tra i due gruppi, questo suggerisce che l'allenamento con sovraccarico, eseguito regolarmente per un lungo periodo di tempo, dia un vantaggio di almeno 20 anni in termini di mantenimento delle funzioni muscolari (51).
- Gli adattamenti primari al resistance training nell'anziano si osservano a livello neuromuscolare e sono direttamente proporzionali al carico applicato. Aagaard e colleghi (19) hanno individuato una serie di adattamenti neurologici che induce l'allenamento: migliora l'attivazione del SNC, aumenta l'ampiezza massima dell'elettromiogramma, aumenta l'attività neuromuscolare, migliora l'RFD, incrementa la massima frequenza di scarica dei motoneuroni, migliora il controllo fine, migliora l'attivazione dei muscoli agonisti e la coattivazione dei muscoli antagonisti, riduce le influenze inibitorie spinali.

- L'allenamento con sovraccarico nell'anziano è efficace anche per lo sviluppo ipertrofico. L'utilizzo di pesi favorisce lo sviluppo della grandezza muscolare, incrementa la rigidità dei muscoli e dei tendini (52). Sono stati osservati incrementi maggiori negli nell'area della sezione trasversa del muscolo negli uomini anziani piuttosto che nelle donne, a seguito di sei mesi di allenamento con sovraccarico (53). Inoltre, entrambe i tipi di fibre muscolari vanno incontro al processo di ipertrofia, uno studio ha osservato che a seguito di 30 settimane di resistance training è aumentata l'area della sezione trasversa delle fibre di tipo I del 58% mentre quella delle fibre di tipo II è aumentata del 67% (54).
- Il resistance training, infine, è responsabile anche di adattamenti di tipo endocrino. La risposta ormonale acuta unita alla tensione meccanica stimola la crescita muscolare, tramite attivazione dei recettori steroidei citoplasmatici (55). Con l'avanzare dell'età le ghiandole endocrine mutano sia a livello strutturale che nella capacità secretoria. L'allenamento con sovraccarico incide sul rilascio di testosterone in modo direttamente proporzionale alla sua intensità e durata. È stato osservato che a seguito di protocolli di allenamento con esercizi che prevedevano il coinvolgimento di grandi masse muscolari, come ad esempio lo squat, incrementano i livelli di testosterone circolante (56). Nell'anziano l'asse ipotalamo-ipofisario viene gradualmente compromesso con l'età, diminuendo quindi i livelli ematici di GH e di IGF-1. A seguito di 24 settimane di allenamento periodizzato e con sovraccarico elevato, 80% dell'1RM, è stato osservato un incremento nella concentrazione ematica del fattore di crescita insulino simile-1, in soggetti anziani (57). La ricerca è tutt'ora orientata all'indagine dei meccanismi locali su cui agisce il sistema endocrino, e sugli effetti anabolici o catabolici che essi esercitano negli individui anziani.

Una review sistematica (58) si è proposta di indagare la sicurezza e l'efficacia degli interventi di esercizio nel lungo termine per la popolazione anziana. Tale studio ha osservato la correlazione tra interventi di esercizio a lungo termine, di durata maggiore all'anno, e risultati legati alla salute come cadute, infortuni associati alle cadute, fratture, funzione fisica, qualità della vita. L'esercizio fisico ha ridotto significativamente il numero di cadute e lesioni associate alle cadute ed ha migliorato la funzione fisica legata alla cognizione. Oltre alla riduzione del numero di cadute e di lesioni associate, sono stati

registrati miglioramenti in tutti i parametri di funzione fisica analizzati: equilibrio, forza di estensione del ginocchio, velocità di andatura, SPPB, sit to stand e time up and go cronometrati. Al fine di migliorare la performance sui fattori di rischio correlati con le cadute il miglior intervento di esercizio è quello multifattoriale e interdisciplinare per persone fragili svolto sotto monitoraggio (59). Tale intervento non riduce direttamente il numero di cadute bensì indirettamente, esercitando i suoi effetti in ambito preventivo. L'intervento multifattoriale di 12 mesi, messo in atto nello studio sopracitato, si basava sull'equilibrio e sulla forza degli arti inferiori ed era personalizzato in base alle disabilità fisiche dell'individuo. Sono stati registrati miglioramenti significativi di forza, equilibrio e mobilità. Tuttavia sono necessarie ricerche future per identificare quanto questi guadagni si traducono in diminuzione delle cadute e del rischio di infortuni negli anziani fragili.

### 2.3 PBT: Perturbation Balance Training

Il Perturbation Balance Training è un intervento specifico per compito che mira a migliorare il controllo dell'equilibrio reattivo, cioè le reazioni rapide all'instabilità, dopo perturbazioni destabilizzanti della base d'appoggio in un ambiente sicuro e controllato. I partecipanti vengono esposti a perturbazioni imprevedibili quali, ad esempio accelerazioni del tapis roulant, stratonamenti alla vita, spostamenti al cavo, spinta eseguite da un terapeuta, ecc., durante le attività di vita quotidiana come stare in piedi, camminare o

alzarsi da una sedia (60) (Figura 2.1).



Figura 2.1: Metodi di applicazione Perturbation Balance Training, Tratto da “Perturbation-based balance training for falls reduction among older adults: Current evidence and implications for clinical practice”, Gerards H.G. et al. 2017 (60).

Gerards H. G. e colleghi (60) si sono occupati di definire le evidenze e le implicazioni pratiche correlate all'utilizzo del PBT, dopo aver osservato che l'impiego di tale metodica mostra una significativa riduzione

dell'incidenza delle cadute tra gli anziani sani e alcuni gruppi di pazienti, ad esempio le persone con malattia di Parkinson e ictus, con riduzioni clinicamente rilevanti del numero di cadute negli anziani fragili. Il Perturbation Balance training può essere applicato in vari modi: focalizzandosi esclusivamente sulle perturbazioni applicate dall'operatore nei piani antero-posteriore e medio-laterale (Fig. 2.1 a); sfruttando le accelerazioni del treadmill per innescare la perdita di equilibrio sul piano sagittale, con (Fig. 2.1 c) o senza il supporto tecnologico che emula le condizioni ambientali esterne (Fig. 2.1 b). In tutte le metodiche viene utilizzato un sistema di cablaggio per la sicurezza che impedisce una reale caduta. Le perturbazioni possono essere; interne quando viene fatto svolgere un compito che causa instabilità; oppure esterne se l'operatore applica trazioni/spinte in più direzioni, queste ultime possono essere improvvise o programmate a seconda che la persona se le aspetti o meno. In un primo momento è consigliato avvisare la persona prima di applicare la perturbazione in modo da farle prendere familiarità con la metodica di allenamento, così come per l'intensità di spinte e trazioni; solo in un secondo momento si può valutare di applicare perturbazioni in modo inaspettato al soggetto o intensità maggiori, tutto in funzione di come risponde al programma di esercizio. L'utilizzo del treadmill porta ad un duplice vantaggio: ridotto spazio richiesto; maggior facilità nel fissaggio del sistema di cablaggio per la sicurezza. Grazie al treadmill è possibile allenare l'equilibrio dinamico e quindi diventa un importante strumento per la prevenzione delle cadute legate alla camminata. Al fine di recuperare l'equilibrio dopo la perturbazione esterna l'individuo può adottare misure compensative, come la strategia del passo, afferrare oggetti di supporto vicini, oppure eseguire controrotazioni dei segmenti del corpo (61). Nonostante la ridotta capacità di essere reattivi nel mantenere la stabilità durante la camminata osservata negli anziani in risposta a una nuova perturbazione, rispetto ai giovani adulti, la capacità di adattare e migliorare questa reattività dell'andatura legata al feedback non sembra diminuire con l'età (62) né sembra essere specifico per una modalità (stance, sit-to-stand o andatura) di locomozione (63).

Una recente meta-analisi di studi randomizzati controllati sul PBT ha riportato un'incidenza di cadute significativamente più bassa nei gruppi che hanno eseguito il PBT (64). Tuttavia, nonostante queste prove, è importante considerare se il setup specifico richiesto per l'applicazione del PBT è efficace e realizzabile in contesti clinici, o se tali

benefici sono visti solo in contesti di laboratorio altamente controllati, informazioni che non sono ancora esplorate in dettaglio in letteratura.

Pai e colleghi (65) hanno trovato una significativa riduzione dell'incidenza di cadute dopo PBT nel loro studio. I partecipanti del gruppo d'intervento, durante il periodo di follow-up a 12 mesi hanno registrato una diminuzione del 50% dell'incidenza in cadute, mentre il gruppo di controllo non ha registrato cambiamenti.

L'elemento chiave che determina il successo del PBT nella riduzione del numero di cadute è la misura in cui i partecipanti mantengono i miglioramenti nel controllo dell'equilibrio reattivo, nel corso delle settimane, mesi ed anni successivi all'allenamento. Tra i miglioramenti sviluppati troviamo una maggiore capacità di aumentare la base di supporto facendo un passo, una diminuzione del tempo di reazione alle perturbazioni ed una migliore controrotazione per controllare il centro di massa (66; 67). In contesti laboratoriali è stata osservata la ritenzione dei miglioramenti per periodi di tempo di 6-9-12 mesi (65). Ciò indica che il PBT fornisce uno stimolo notevole per il sistema neuromuscolare, rendendo non necessario un alto volume di allenamento per massimizzare i benefici a lungo termine. Per massimizzare gli effetti del PBT si possono utilizzare perturbazioni di grandezza appropriata. Le perturbazioni ad alta intensità, in cui i partecipanti inizialmente richiedono il supporto dell'imbracatura per ritrovare stabilità, sembrano innescare un adattamento rapido e significativo nel comportamento di recupero e nella ritenzione a lungo termine degli adattamenti motori (65). Per gruppi specifici, come anziani fragili o persone con condizioni neurologiche, è opportuno valutare l'utilizzo di intensità di perturbazione basse, onde evitare infortuni legati all'utilizzo dell'imbracatura di sicurezza. Selezionare grandezze di perturbazione che sono sicure e tollerabili pur essendo impegnative per il partecipante sembra essere una scelta ragionevole per le applicazioni cliniche. Va poi considerata, in secondo luogo, la direzione delle perturbazioni. Le perturbazioni nelle direzioni medio-laterali devono essere prese in considerazione anche quando si applica la PBT in ambito clinico, a causa della ridotta stabilità mediolaterale osservata negli anziani (68). Sebbene la ripetizione di una singola perturbazione possa migliorare alcuni meccanismi di controllo dell'equilibrio che possono essere trasferiti ad altri compiti, ad esempio controrotazioni o rapidi passi per ingrandire la base di supporto, sembra ragionevole suggerire che le perturbazioni



multidirezionali che mirano a diverse strategie di recupero dell'equilibrio potrebbero essere le più vantaggiose per la riduzione delle cadute.

Il terzo elemento da considerare è la frequenza ed il volume del PBT per la riduzione delle cadute nella popolazione anziana. A seconda dell'intensità utilizzata il periodo di allenamento, al fine di mantenere gli adattamenti, può essere più o meno lungo. Le cadute tendono a verificarsi nella vita quotidiana durante l'esecuzione del movimento, ad esempio camminare o trasferirsi da stare in piedi a seduti, e raramente si verificano durante il mantenimento della posizione eretta o seduta (69). Pertanto, le perturbazioni dovrebbero essere applicate durante compiti, come camminare, spostarsi di peso (40) e alzarsi da una sedia (70). Le cadute possono verificarsi anche in varie circostanze ambientali che pongono sfide sensoriali e meccaniche per mantenere l'equilibrio, ad esempio nella luce buia/fioca o in presenza di ostacoli che impediscono il passo, e possono verificarsi quando l'individuo è distratto. Pertanto, i programmi di PBT dovrebbero prendere in considerazione l'aggiunta di sfide sensoriali, ambientali e cognitive durante l'allenamento per contribuire a promuovere la generalizzabilità di un migliore controllo dell'equilibrio reattivo a situazioni realistiche (64). I ricercatori suggeriscono per le ricerche future una maggiore standardizzazione degli interventi, che non si basi sul giudizio soggettivo degli operatori ed il mantenimento di una durata standard dei follow-up, in modo da rendere i dati comparabili tra di loro. Il PBT sembra essere un approccio valido per ridurre il numero di cadute tra gli anziani in contesti clinici. Sulla base delle prove attuali, sembra che i sistemi basati sul tapis roulant e le perturbazioni applicate dal terapeuta potrebbero essere i metodi più pratici in contesti clinici. Il PBT che include più metodiche di allenamento (operatore; treadmill; treadmill+computer), variabilità nell'intensità delle perturbazioni applicate e multidirezionalità delle perturbazioni potrebbe dare i migliori benefici in termini di prevenzione delle cadute.

#### *2.4 Raccomandazioni pratiche per la prevenzione delle cadute*

Le cadute sono causa di mortalità e morbidità negli anziani. Approssimativamente un anziano su 3 con età superiore a 65 anni cadrà almeno una volta l'anno, ed il rischio di

caduta aumenta all'aumentare dell'età (71). Le cadute portano inoltre a dei costi da sostenere sia per i familiari che per i servizi della salute offerti dalla società. Poiché la popolazione anziana è in continuo aumento, e con esso anche il rischio di caduta, ne consegue anche un aumento della spesa sociale, quindi la prevenzione delle cadute assume importanza a livello di salute pubblica. L'esercizio fisico come singolo intervento può prevenire le cadute nella comunità di anziani fragili. I programmi di esercizio che includono l'allenamento dell'equilibrio ad una dose maggiore sortiscono effetti maggiori (72). Una review sistematica condotta da Catherine Sherrington e colleghi nel 2016 (73) ha fornito forti evidenze sul fatto che l'esercizio fisico possa essere utilizzato come singolo intervento per prevenire le cadute nelle persone anziane. I risultati suggeriscono che i programmi che includono esercizi per l'equilibrio per più di 3 ore a settimana hanno il miglior effetto nella prevenzione delle cadute. Le informazioni più importanti che ci fornisce questo studio sono legate all'aggiornamento delle raccomandazioni per la pratica della prevenzione alle cadute nella comunità di anziani fragili:

1. I programmi di esercizio dovrebbero essere altamente sfidanti per l'equilibrio. Scegliere esercizi da svolgere in sicurezza:
  - Riducendo la base di supporto, stando in piedi con i piedi vicini tra loro, stando in posizione tandem, stando in piedi su una gamba.
  - Muovendo il centro di gravità e controllando la posizione del corpo mentre si sta in piedi, trasferendo il peso del corpo da un piede all'altro, stando in piedi su una superficie più alta del suolo.
  - Stando in piedi senza l'utilizzo delle braccia come supporto, se questo non è possibile allora ridurre l'aiuto degli arti superiori, appoggiarsi ad una superficie con una mano, piuttosto che con due, o con un dito piuttosto che con l'intera mano.
2. L'esercizio fisico deve essere somministrato in dose sufficiente per sortire l'effetto desiderato. Sono consigliate almeno 3 ore di esercizio a settimana.
  - Ci sono benefici migliori a dosi maggiori di esercizio.
  - Suggestire almeno due ore di esercizio fisico a settimana, includendo sia esercizio fisico svolto a casa che nei gruppi di lavoro.

3. La partecipazione continua all'esercizio è necessaria altrimenti saranno persi i benefici.
  - Per garantire continuità nell'effetto in prevenzione delle cadute è importante dare continuità all'esercizio fisico.
4. La prevenzione delle cadute dovrebbe essere un obiettivo per la popolazione sana tanto quanto per la popolazione ad alto rischio di caduta.
  - I programmi hanno effetto maggiore nella popolazione generale rispetto alla popolazione ad alto rischio.
  - I gruppi ad alto rischio, tramite questi programmi, prevengono un grande numero di cadute.
  - Differenti gruppi necessitano di differenti strategie, per esempio le persone ad alto rischio dovranno essere raggruppate in gruppi meno numerosi per garantire una migliore supervisione.
5. Gli esercizi di prevenzione per le cadute possono essere svolti in gruppo oppure seguendo un programma da casa. Entrambe le opzioni sono valide, bisogna seguire le preferenze dell'individuo.
6. L'allenamento alla camminata può essere incluso in aggiunta a quello per l'equilibrio, ma per i soggetti ad alto rischio sarebbe meglio evitare alte velocità.
  - L'inclusione dell'allenamento della camminata ha dimostrato meno effetti nella prevenzione delle cadute. Può essere incluso nei programmi di allenamento a patto che non vada a discapito dell'allenamento per l'equilibrio a livello energetico.
  - L'allenamento alla camminata può essere incluso nei programmi di prevenzione delle cadute solamente se questo può essere completato in sicurezza.
7. L'allenamento della forza va incluso a quello dell'equilibrio.
  - La ridotta forza muscolare è un importante fattore di rischio per le cadute quindi l'esercizio di forza porta ad una prevenzione delle cadute nel lungo termine, non nel breve.

- Per essere efficace l'allenamento della forza necessita di sovraccarico per creare resistenza ai muscoli.
8. Chi somministra esercizio deve essere al corrente dei possibili fattori di rischio che potrebbero svilupparsi.
- Programmi di intervento sfaccettati possono prevenire le cadute.
  - Interventi singoli, non basati sull'esercizio fisico possono prevenire le cadute in individui con particolari fattori di rischio.
  - Nelle persone con cataratta la chirurgia può prevenire le cadute nelle persone con cataratta; i consigli e la modifica della sicurezza domestica sono efficaci nelle persone ad alto rischio; la riduzione dei farmaci psicoattivi può prevenire le cadute e l'inserimento del pacemaker ha un ruolo in alcuni individui. L'uso di lenti singole piuttosto che di occhiali multifocali può prevenire le cadute nelle persone che partecipano regolarmente ad attività all'aperto.
  - Chi somministra esercizio fisico deve essere informato di questi fattori di rischio e interventi basati sull'evidenza scientifica. Gli anziani colpiti da uno o più di questi fattori di rischio devono ricevere una valutazione completa in una clinica per cadute o chiedere al proprio medico di medicina generale rinvii appropriati.
9. L'esercizio come singolo intervento può prevenire le cadute in persone con il Parkinson o con decadimento cognitivo. Non ci sono evidenze che il singolo intervento possa prevenire le cadute nei soggetti sopravvissuti all'infarto o persone recentemente uscite dall'ospedale. La pratica di esercizio per queste persone dovrebbe essere programmata da particolari esperti dell'esercizio.

Tali indicazioni ci forniscono delle linee da seguire in ottica di programmazione dell'allenamento per la prevenzione delle cadute nella popolazione anziana. Bisogna comunque considerare la singolarità degli individui e personalizzare il programma di allenamento tenendo in considerazione sia il quadro clinico che gli obiettivi ed i mezzi a disposizione per raggiungerli. Nel prossimo capitolo verranno elaborate, alla luce delle evidenze scientifiche esposte finora, delle indicazioni per l'allenamento della forza e dell'equilibrio per la popolazione anziana nell'ottica di prevenzione delle cadute.

## CAPITOLO 3

### Proposta di esercizio per l'anziano in ottica prevenzione delle cadute

Variabili del carico	Resistance training		Balance training		Flessibilità
	Principianti/fragili	Esperti/sani	PBT	Classico	
			Elevata con utilizzo imbracatura	Moderata a basso rischio caduta	
Intensità/difficoltà	50-60% dell'1RM	70-85% 1RM	Incrementi e decrementi da inserire durante la periodizzazione dell'allenamento		Allungare fino a percepire un leggero discomfort
Volume	Tra le 10 e le 15 ripetizioni associate ad una bassa intensità di carico	Tra le 6 e le 12 ripetizioni a carichi medio elevati	Inversamente proporzionale all'intensità utilizzata		Tenere l'allungamento per 30-60 secondi
Frequenza	2-3 sedute di allenamento settimanali, minimo 3 ore di allenamento totali				
Modalità	Utilizzo macchinari, elastici	Utilizzo bilancieri, manubri kettlebell e palla medica	- Tapis roulant - Perturbazioni esterne - Multidirezionale	- Superfici instabili - Ridurre base di supporto	Qualsiasi attività fisica che mantiene o incrementa la flessibilità usando movimenti lenti che terminano in allungamenti statici per ogni gruppo muscolare. Evitare movimenti balistici.
Tipologia esercizi	Allenamento isometrico e dinamico	Allenamento dinamico prevalentemente	- Perturbazioni durante compiti quotidiani - Modulare circostanze ambientali		

Tab 1: Parametri per un programma di allenamento per soggetti a rischio caduta

La tabella 1 illustra in maniera sintetica tutti i parametri del carico per un programma di allenamento in ottica di prevenzione delle cadute nella popolazione a rischio. Un programma di allenamento completo, che sia quindi efficace nel prevenire le cadute, include l'allenamento contro resistenza, l'allenamento dell'equilibrio e della flessibilità. Il Resistance training viene considerato dall'American College of Sports Medicine quale prima linea di intervento contro la sarcopenia e la dinapenia. Un muscolo forte e prestante garantisce alla persona il sostegno e la forza di cui ha bisogno per mantenere la stazione eretta anche dopo spostamenti improvvisi del centro di massa. È opportuno, in sede di programmazione dell'allenamento, regolare il dosaggio dell'esercizio fisico contro resistenza tenendo in considerazione lo stato di salute della persona, che sia essa sana o fragile, oltre che il grado di esperienza nell'allenamento, principianti o esperti. Per persone fragili o con poca esperienza di allenamento ho ipotizzato di mantenere intensità di carico comprese tra il 50-60% dell'1RM, stimato tramite test submassimali mediante procedura standardizzata con supervisione di personale esperto. Poiché l'intensità del

carico di lavoro proposta è medio-bassa, il volume di lavoro può essere maggiore, quindi ciascun esercizio potrà essere svolto per 2-3 serie, ciascuna da 10-15 ripetizioni. Tale volume favorisce inoltre l'apprendimento del movimento corretto. Vista la fragilità e l'inesperienza delle persone a cui è indirizzato il protocollo, è consigliato in un primo momento l'utilizzo di macchinari che guidino la persona nel movimento, e l'utilizzo di bande elastiche a basso carico. In un secondo momento si potrà valutare l'utilizzo di bilancieri e manubri a seconda degli adattamenti all'allenamento sviluppati da ciascun soggetto. Per garantire una maggior sicurezza in sede di allenamento, ho ritenuto opportuno favorire inizialmente l'inserimento di esercizi isometrici, per poi proporre contrazioni dinamiche modulando l'ampiezza del movimento. Quando abbiamo a che fare con persone anziane sane con esperienza nel Resistance training cambia l'intensità del carico, nonché le metodiche di allenamento e l'attrezzatura utilizzabili. L'intensità del carico sarà infatti compresa tra il 70-85% dell'1RM, calcolabile anche in modo diretto mediante procedura standardizzata con supervisione di personale esperto. A queste intensità di carico medio-elevate il volume di lavoro sarà minore rispetto a quello proposto per principianti e/o fragili. Ciascun esercizio, infatti potrà essere svolto per 2-3 serie, ciascuna composta da 6-12 ripetizioni. Per entrambi i gruppi di soggetti vale il principio della progressione del carico: nel corso della periodizzazione infatti intensità e volume subiranno incrementi e decrementi inversamente proporzionali tra di loro. Quindi all'aumentare dell'uno l'altro diminuirà e viceversa, al fine di favorire lo sviluppo degli adattamenti muscolari ricercati ovvero lo sviluppo di forza. Anziani sani e con esperienza di Resistance training possono contare sullo svolgimento di esercizi con l'utilizzo di bilancieri, manubri, kettlebell e palle mediche, favorendo le contrazioni dinamiche a quelle isometriche.

All'allenamento della forza ho associato quello dell'equilibrio. Prima di addentrarci nella parametrizzazione del carico di lavoro è opportuno distinguere il balance training classico dal Perturbation balance training (PBT). La prima metodica di allenamento stimola lo sviluppo dell'equilibrio statico e dinamico utilizzando superfici instabili e modulando l'appoggio dei piedi a terra (ampiezza del passo, condizione mono podalico/bi podalico). La seconda a differenza della prima sfrutta le perturbazioni multidirezionali applicate da una persona esterna per stimolare il recupero della stabilità e quindi dell'equilibrio. La seconda metodica di allenamento mima in modo più fedele la dinamica che porta alla

caduta nella vita di tutti i giorni, sfruttando la perturbazione che avviene in modo inaspettato per l'individuo, di conseguenza si è rivelato essere efficace nella prevenzione di questi eventi avversi. Nel PBT l'intensità del carico, valutata come intensità della perturbazione applicata, è elevata e ad alto rischio di caduta. Pertanto, il partecipante dovrà utilizzare un'imbracatura al fine di scongiurare eventi avversi durante l'allenamento. Nel balance training classico invece, poiché non è previsto l'utilizzo di imbracature, essendo l'intensità dello stimolo, valutata come condizione di svantaggio in cui viene posto il soggetto, moderata e a basso rischio di caduta. In entrambe le metodiche di allenamento è consigliato mimare il più possibile i compiti di vita quotidiana a cui va incontro la persona. A tal proposito sarà importante un colloquio conoscitivo al fine di sviluppare un protocollo di intervento personalizzato.

Un muscolo flessibile è un muscolo in grado di esercitare una forza maggiore e permette inoltre alla persona di incrementare l'ampiezza dei movimenti in assenza di dolore, entrambi elementi che permettono di ottimizzare gli schemi motori per prevenire le cadute. Nell'allenamento della flessibilità, l'ampiezza dei movimenti, deve essere tale da ricercare un leggero fastidio, ma in assenza di dolore, da mantenere per un intervallo di tempo compreso tra i 30 e 60 secondi. Sono concessi movimenti lenti che terminano in allungamenti statici per ciascun gruppo muscolare. Sono da evitare movimenti balistici al fine di prevenire l'infortunio legato al riflesso miotatico che potrebbe essere innescato.

Ciascuna seduta di esercizio fisico per la popolazione a rischio cadute deve includere queste tre tipologie di allenamento da svolgere 2-3 volte a settimana per un totale di almeno 3 ore di allenamento settimanali. Le cadute costituiscono un grande problema che minaccia l'indipendenza dell'individuo e gioca un importante ruolo a livello di costi sociali. La popolazione anziana è maggiormente esposta al rischio di incorrere in questi eventi avversi a causa del fisiologico processo di invecchiamento responsabile del decadimento di diverse strutture. Uno degli elementi più efficaci per limitare gli effetti di tale processo, e quindi garantire una migliore qualità della vita nonché una riduzione dei costi sociali, è pertanto l'esercizio fisico parametrizzato e personalizzato sui bisogni dell'individuo anziano.

## **Bibliografia**

- [1] Conti F. “Fisiologia Medica ” Edi. Ermes , 2010
- [2] Damiani Ernesto “Patologia e fisiopatologia generale per le scienze motorie”. Coop. Libreria Editrice Università di Padova, 2014.
- [3] McArdle et al. “Fisiologia dell’esercizio: l’essenziale”. Piccin Nuova Libreria Editore, 2019
- [4] Salthouse TA. Selective review of cognitive aging. Journal of the International Neuropsychological Society: JINS. 2010
- [5] Lezak, M.; Howieson, D.; Bigler, E.; Tranel, D. Neuropsychological Assessment. 5. New York: Oxford University Press; 2012
- [6] Oosterman JM, Vogels RL, van Harten B, et al. Assessing mental flexibility: neuroanatomical and neuropsychological correlates of the Trail Making Test in elderly people. The Clinical neuropsychologist. 2010
- [7] Singh-Manoux A, Kivimaki M, Glymour MM, et al. Timing of onset of cognitive decline: results from Whitehall II prospective cohort study. 2012
- [8] Hayden KM, Welsh-Bohmer KA. Epidemiology of cognitive aging and Alzheimer’s disease: contributions of the Cache County Utah study of memory, health and aging. Current topics in behavioral neurosciences. 2012
- [9] Terry RD, Katzman R. Life span and synapses: will there be a primary senile dementia? Neurobiology of aging. 2001



- [10] Resnick SM, Pham DL, Kraut MA, Zonderman AB, Davatzikos C. Longitudinal magnetic resonance imaging studies of older adults: a shrinking brain. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*. 2003
- [11] Dickstein DL, Kabaso D, Rocher AB, Luebke JI, Wearne SL, Hof PR. Changes in the structural complexity of the aged brain. *Aging cell*. 2007
- [12] O’Sullivan M, Summers PE, Jones DK, Jarosz JM, Williams SC, Markus HS. Normal-appearing white matter in ischemic leukoaraiosis: a diffusion tensor MRI study. *Neurology*. 2001
- [13] Burton L.C., Shapiro S., e German P.S., “Determinants of physical activity initiation and maintenance among community-dwelling older persons,” *Prev. Med. (Baltim)*., vol. 29, no. 5, pp. 422–430, 1999.
- [14] Waters D.L., Baumgartner R.N., Garry P.J., e Vellas B., “Advantages of dietary, exercise-related, and therapeutic interventions to prevent and treat sarcopenia in adult patients: an update.,” *Clinical interventions in aging*, vol. 5. *Clin Interv Aging*, pp. 259–270, 2010.
- [15] Schoenfeld B.J. , “Scienza e sviluppo dell’ipertrofia muscolare”. *Olimpian’s SRL Publishing*, 1a edizione italiana, 2017.
- [16] Bauer J.M., Kaiser M.J., e Sieber C.C., “Sarcopenia in Nursing Home Residents,” *Journal of the American Medical Directors Association*, vol. 9, no. 8. Elsevier Inc., pp. 545–551, 2008.
- [17] World Health Organization, *Global Report on Falls Prevention in Older Age*, 2007
- [18] Tinetti ME. Factors associated with serious injury during falls by ambulatory nursing home residents. *Journal of the American Geriatrics Society*, 1987

- [19] Aagaard P., Suetta C., Caserotti P., Magnusson S.P., e Kjær M., “Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: Strength training as a countermeasure,” *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, vol. 20, no. 1. *Scand J Med Sci Sports*, pp. 49–64, Feb- 2010.
- [20] Peterson M.D., Sen A., e Gordon P.M., “Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: A meta-analysis,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 43, no. 2, pp. 249–258, Feb. 2011.
- [21] Istituto Superiore di Sanità, [www.epicentro.iss.it](http://www.epicentro.iss.it) “L’epidemiologia per la sanità pubblica”
- [22] American College of Sports Medicine, *Exercise and Physical Activity for older adults*, 2009
- [23] Shchoenborn C, Adams PF, Barnes PM, Vickerie JL, Schiller JS. 1991–2001. In: VH Statistics, editor. *Health Behaviors of Adults: United States*. Washington (DC): National Center for Health Statistics; 2004
- [24] Bassett DR, Schneider PL, Huntington GE. *Physical activity in an Old Order Amish community*. *Med Sci Sports Exerc.* 2004
- [25] Paterson D. *Physical activity, fitness, and gender in relation to morbidity, survival, quality of life, and independence in older age*. In: Shephard R, editor. *Gender, Physical Activity, and Aging*. Boca Raton (FL): CRC Press; 2002
- [26] Kay SJ, Fiatarone Singh MA, *The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature*, 2006
- [27] Toth MJ. et al. *Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues*, 1999

- [28] Sial S. et al. Training-induced alterations in fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly subjects, 1998
- [29] Kohrt WM. et al. American College of Sports Medicine. Position Stand. Physical activity and bone health, 2004
- [30] Klitgaard H. et al. Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: a cross-sectional study of elderly men with different training backgrounds, 1990
- [31] Suominen H. Muscle training for bone strength, 2006
- [32] Ferri A. et al. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age, 2003
- [33] Connelly DM, Vandervoort AA. Effects of isokinetic strength training on concentric and eccentric torque development in the ankle dorsiflexors of older adults, 2000
- [34] Ivey FM. et al. Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons, 2000
- [35] Hunter GR et al., Effects of resistance training on older adults, 2004
- [36] Bamman MM. et al. Gender differences in resistance-training-induced myofiber hypertrophy among older adults, 2003
- [37] Gillespie LD. et al. Interventions for preventing falls in elderly people, 2003
- [38] Rose DJ. Promoting functional independence in older adults at risk for falls, 2002
- [39] Li f. et al. Tai chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial, 2005

- [40] Spirduso WW. et al. Physical Dimensions of Aging, 2005
- [41] McAuley E, Katula J. Physical activity interventions in the elderly: influence on physical health and psychological function, 1998
- [42] Belter BJ. et al. Effects of voluntary exercise and genetic selection for high activity levels on HSP72 expression in house mice, 2004
- [43] National Center for Health Statistics, 2016
- [44] Cadore E.L, Rodríguez-Mañas L., Sinclair A., e Izquierdo M., “Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review,” *Rejuvenation Research*, vol. 16, no. 2. *Rejuvenation Res*, pp. 105–114, 01-Apr-2013.
- [45] Conlon J.A. et al., “The efficacy of periodized resistance training on neuromuscular adaptation in older adults,” *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 117, no. 6, pp. 1181–1194, Jun. 2017.
- [46] Fragala M.S. et al., “Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association,” *J. strength Cond. Res.*, vol. 33, no. 8, pp. 2019–2052, 2019.
- [47] Steib S., Schoene D., e Pfeifer K., “Dose-response relationship of resistance training in older adults: A meta-analysis,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 42, no. 5, pp. 902–914, 2010.
- [48] Borde R., Hortobágyi T., e Granacher U., “Dose–Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Sports Medicine*, vol. 45, no. 12. Springer International Publishing, pp. 1693–1720, 01-Dec-2015.

- [49] Gerstner G.R., Thompson B.J., Rosenberg J.G., Sobolewski E.J., Scharville M.J., e Ryan E.D., “Neural and Muscular Contributions to the Age-Related Reductions in Rapid Strength,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 49, no. 7, pp. 1331–1339, 2017.
- [50] Sardeli A.V., Tomeleri C.M., Cyrino E.S., Fernhall B., Cavaglieri C.R., e Chacon-Mikahil M.P.T, “Effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: A meta analysis,” *Experimental Gerontology*, vol. 111. Elsevier Inc., pp. 188–196, 01-Oct-2018.
- [51] Pearson S.J. et al., “Muscle function in elite master weightlifters,” *Med. Sci. Sports Exerc.* vol. 34, no. 7, pp. 1199–1206, 2002.
- [52] Reeves N.D., Narici M.V., e Maganaris C.N., “Musculoskeletal adaptations to resistance training in old age,” *Man. Ther.*, vol. 11, no. 3, pp. 192–196, Aug. 2006.
- [53] Roth S.M. et al., “Muscle size responses to strength training in young and older men and women,” *J. Am. Geriatr. Soc.*, vol. 49, no. 11, pp. 1428–1433, 2001.
- [54] Pyka G. et al. “Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women,” *J. Gerontol.*, vol. 49, no. 1, 1994
- [55] Kraemer W.J. e Ratamess N.A, “Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training,” *Sports Medicine*, vol. 35, no. 4. Sports Med, pp. 339–361, 2005.
- [56] Kraemer W.J. et al., “Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men,” *J. Appl. Physiol.*, vol. 87, no. 3, pp. 982–992, 1999.
- [57] Cassilhas R.C., Tufik S., Antunes K.M., e de Mello M.T., “Mood, anxiety, and serum IGF-1 in elderly men given 24 weeks of high resistance exercise,” *Percept. Mot. Skills*, vol. 110, no. 1, pp. 265–276, Feb. 2010.

- [58] Garcia-Hermoso A. et al. Safety and Effectiveness of Long-Term Exercise Interventions in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials, 2020.
- [59] Fairhall N. et al. Effect of a multifactorial, interdisciplinary intervention on risk factors for falls and fall rate in frail older people: a randomised controlled trial, 2013
- [60] Gerards H.G. et al. “Perturbation-based balance training for falls reduction among older adults: Current evidence and implications for clinical practice” 2017.
- [61] Hof AL. The equations of motion for a standing human reveal three mechanisms for balance. *J Biomech* 200
- [62] 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
- [63] 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
- [64] Mansfield A, Aqui A, Centen A et al. Perturbation training to promote safe independent mobility post-stroke: Study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Neurol* 2015
- [65] Pai YC et al. Learning from laboratory- induced falling: Long-term motor retention among older adults, 2014
- [66] Maki BE. e McIlroy WE, Change in-support balance reactions in older persons: An emerging research area of clinical importance, *Neurol Clin* 2005

[67] Pijnappels M, Bobbert MF, van Dieën JH. Push-off reactions in recovery after tripping discriminate young subjects, older non-fallers and older fallers. *Gait Posture* 2005

[68] Maki Be et al. Age-related differences in laterally directed compensatory stepping behavior, 2000

[69] Robinovitch SN et al. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: An observational study, 2013

[70] Pavol MJ et al. Young and older adults exhibit proactive and reactive adaptations to repeated slip exposure, 2004

[71] Rubinstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention, 2006

[72] Gillespie LD et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community, 2012

[73] Sherrington C. et al. "Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis", 2016