



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Medicina e Chirurgia

Dipartimento di medicina

Corso di Laurea in infermieristica

Tesi di Laurea

**BENEFICI DELL'ATTIVITÀ FISICA ANAEROBICA
NELL'ANZIANO COME PREVENZIONE DI
OSTEOPOROSI E SARCOPENIA.
REVISIONE DELLA LETTERATURA.**

Relatrice: Prof.ssa Galzignato Stefania

Laureando: Landi Carlo
(matricola n. 1226704)

Anno Accademico 2021-2022

ABSTRACT

Background: La sarcopenia è una patologia che porta ad una degenerazione progressiva delle fibre muscolari (soprattutto di tipo II) a partire dai 50 anni, con conseguente riduzione della forza e della massa muscolare; si stima che in Italia interessi oltre il 40 % degli ultraottantenni.

L'osteoporosi, invece, è una patologia scheletrica che causa il deterioramento della massa e della microarchitettura ossea, con conseguente aumento della fragilità e del rischio di frattura; nello stato italiano è stimata un'incidenza del 14 % negli uomini oltre i 60 anni, fino a colpire l'80% delle donne dopo la menopausa. Entrambe le patologie rappresentano dei problemi rilevanti nell'anziano in ambito sanitario che, se non trattate efficacemente, possono portare a conseguenze seriamente debilitanti come: l'aumento del rischio di cadute, del rischio di fratture, la riduzione delle capacità di equilibrio e del grado di autonomia nelle ADL.

È quindi fondamentale agire preventivamente per ridurre la velocità di progressione di queste malattie con interventi efficaci, tra cui l'*attività fisica anaerobica* o allenamento della forza.

Obiettivo: L'obiettivo di questa revisione è quello di analizzare la letteratura scientifica per ricercare i benefici dell'allenamento della forza nell'anziano per la prevenzione di osteoporosi e sarcopenia, confrontando brevemente i risultati con un'attività fisica di tipo aerobico.

Materiali e metodi: La ricerca degli articoli esposti nei risultati è stata effettuata esclusivamente sul motore di ricerca *PubMed*. Gli articoli reperiti sono 18, pubblicati per la maggior parte tra il 2016 e il 2022, ad eccezione di 3 (2010, 2013, 2014) ritenuti fondamentali.

Risultati: L'*allenamento anaerobico* è una forma di attività fisica mirata ad aumentare la forza, la potenza e la massa muscolare. L'applicazione di questo metodo di allenamento nell'anziano ha portato a importanti miglioramenti della forza, della prestazione, della massa muscolare e della composizione minerale ossea. Per quanto riguarda la ricerca bibliografica sulla sarcopenia, risultati particolarmente significativi si sono ottenuti: nell'*handgrip strenght* ($p < 0.001$), nel TUG test ($p < 0.001$), nel GS test ($p < 0.001$) e nella massa muscolare totale ($p < 0.001$).

Mentre per quanto riguarda l'osteoporosi l'allenamento della forza ha inciso significativamente sui seguenti aspetti: aBMD del FN, aBMD dell'anca ($p < 0.05$) e aBMD del rachide lombare ($p < 0.05$).

Si rilevano evidenze meno significative negli studi riguardanti l'attività fisica aerobica, nello spessore muscolare della parte anteriore e posteriore della coscia ($p < 0.05$), mentre assenti sono stati i miglioramenti sulla composizione ossea.

Discussione: L'allenamento della forza si è rivelato uno strumento fondamentale per la prevenzione e il trattamento non farmacologico di osteoporosi e sarcopenia nell'anziano, portando a miglioramenti importanti dal punto di vista funzionale, della composizione corporea e ossea dei partecipanti agli studi. Tuttavia data la scarsa recente letteratura riguardo l'attività fisica aerobica, con riferimento ad entrambe le patologie, non è stato possibile fare un confronto adeguato.

Parole chiave: *Sarcopenia, Osteoporosis, Anaerobic physical activity, handgrip strenght, muscle strenght, Strenght training.*

INDICE

INTRODUZIONE.....	pag.1
CAPITOLO 1 – APPARATI MUSCOLARE E SCHELETRICO.....	pag.3
1.1 Cenni di anatomia dell'apparato muscolare.....	pag.3
1.2 Fisiologia della contrazione muscolare.....	pag.4
1.3 Cenni di anatomia dell'apparato scheletrico.....	pag.5
1.4 Fisiologia del processo di rimodellamento osseo.....	pag.7
CAPITOLO 2 – SARCOPENIA E OSTEOPOROSI.....	pag.9
2.1 Sarcopenia: Descrizione e prevalenza.....	pag.9
2.2 Sarcopenia: Fattori di rischio e diagnosi.....	pag.9
2.3 Osteoporosi: Descrizione e prevalenza.....	pag.10
2.4 Osteoporosi: Fattori di rischio e diagnosi.....	pag.11
CAPITOLO 3 – MATERIALI E METODI.....	pag.13
3.1 Obiettivo.....	pag.13
3.2 Criteri di inclusione e parole chiave.....	pag.13
CAPITOLO 4 – RISULTATI DELLA RICERCA.....	pag.17
4.1 Attività fisica anaerobica e meccanismi di adattamento.....	pag.17
4.2 Esercizio fisico anaerobico e Sarcopenia.....	pag.18
4.2.1 Metodologie di allenamento.....	pag.19
4.2.2 Indicatori di risultato.....	pag.20
4.2.3 Forza e prestazione muscolare.....	pag.21
4.2.4 Massa muscolare.....	pag.25
4.2.5 Breve confronto con attività fisica di tipo aerobico.....	pag.26
4.3 Esercizio fisico anaerobico e Osteoporosi.....	pag.27
4.3.1 Metodologie di allenamento.....	pag.28
4.3.2 Indicatori di risultato.....	pag.29
4.3.3 Resistenza ossea.....	pag.29
4.3.4 Breve confronto con attività fisica di tipo aerobico.....	pag.33
CAPITOLO 5 – DISCUSSIONE.....	pag.35
BIBLIOGRAFIA	
ALLEGATI	

INTRODUZIONE

La scelta di questo argomento scaturisce dalla mia esperienza clinica e personale. L'allenamento anaerobico ad alta intensità, costituisce al giorno d'oggi una pratica ad appannaggio solamente delle fasce di popolazione più giovani, la cui utilità viene scarsamente considerata in ambito clinico.

Infatti molto spesso viene consigliato alla popolazione anziana, di svolgere solamente un'attività aerobica leggera come la camminata, precludendo loro altre forme di allenamento fisicamente più impegnative, considerandole come pericolose per la loro salute.

Al contrario le potenzialità che racchiude questo metodo di allenamento sono innumerevoli per tutte le fasce d'età, se adeguatamente costruito e strutturato sulle capacità fisiche del singolo e i pregi non si fermano solamente al trattamento e alla prevenzione di osteoporosi e sarcopenia.

Nella mia esperienza clinica mi è spesso capitato di osservare come la medicina odierna occidentale sia sempre molto all'avanguardia nel trattamento della patologia acuta, tuttavia la stessa attenzione non viene posta nell'educare il paziente a condurre uno stile di vita più sano, per prevenire patologie croniche ed eventuali complicanze in patologie preesistenti. Se applicati correttamente, questi principi possono portare ad una maggiore longevità e qualità della vita; avendo meno bisogno di utilizzare farmaci, che molto spesso vengono assunti con troppa leggerezza, non considerando i loro effetti collaterali.

Rendere le persone più consapevoli di quest'aspetto, li aiuterebbe a prendersi maggiormente cura della loro salute, diventando meno dipendenti dai farmaci.

In particolare attraverso questa revisione della letteratura, analizzerò la tematica dell'allenamento anaerobico e i benefici nell'anziano in termini di prevenzione di osteoporosi e sarcopenia, portandola a confronto con un approccio aerobico all'attività fisica.

Affronto questa tematica perché ritengo che nella pratica clinica un infermiere debba avere maggiore consapevolezza di quanto sia importante educare gli anziani, come anche i giovani, sull'importanza che riveste praticare questo tipo di allenamento nel

ridurre consistentemente il rischio di fratture, l'allettamento, la disabilità fisica, migliorare il grado di autonomia nella vita quotidiana e di conseguenza la qualità della vita.

CAPITOLO 1 – APPARATI MUSCOLARE E SCHELETRICO

1.1 Cenni di anatomia dell'apparato muscolare

Il muscolo è un tessuto che possiede diverse funzioni tra cui: il movimento dei segmenti corporei (grazie all'ancoraggio alle strutture ossee mediante i tendini), la stabilità posturale, il controllo dei passaggi del corpo (sfinteri), la produzione di calore (produce circa l'85% del calore corporeo, importante per il funzionamento di enzimi e metabolismo) ed il controllo glicemico (assorbe, immagazzina e utilizza il glucosio per le sue funzioni (1). Un suo ridotto funzionamento comporta una perdita della salute e della funzione muscolare, riscontrabile soprattutto in una perdita delle fibre, ridotta potenza motoria e in alcuni casi può portare a morte.

Il tessuto muscolo-scheletrico è un tessuto riccamente innervato e vascolarizzato grazie ai capillari e nervi che si estendono lungo tutta la sua lunghezza. È costituito da molte fibre muscolari che ne costituiscono l'unità di base, ogni miofibrilla (fibrilla) è formata a sua volta da numerose miofibrille. L'unità contrattile della fibrilla viene definita sarcomero. Una serie di fibre appaiate tra loro formano i fascicoli, che a loro volta compongono il tessuto muscolare (2).

La membrana plasmatica della cellula muscolare è chiamata sarcolemma e presenta delle invaginazioni che attraversano la cellula muscolare chiamate tubuli T. Il citoplasma della cellula muscolare è definito anche sarcoplasma ed è costituito da lunghi fasci di miofibrille impacchettate tra loro, al cui interno vi è una grande quantità di glicogeno e mioglobina. Il reticolo sarcoplasmatico è una struttura che avvolge ogni miofibrilla formando un rete che presenta, ad intervalli regolari, delle cisterne terminali (1).

Le fibre muscolari sono classificabili in 2 macrocategorie: fibre a contrazione lenta (tipo I) e fibre a contrazione rapida (tipo II). Le prime, vengono coinvolte in attività di resistenza aerobica, possiedono un alto contenuto di mioglobina, mitocondri e un'alta capacità di sfruttare il metabolismo ossidativo della cellula; questo le rende adatte per attività di bassa intensità e protratte per lunghi periodi di tempo (2). Queste fibre ossidano l'ossigeno per produrre ATP compiendo la cosiddetta respirazione cellulare. Le seconde, invece, si suddividono ulteriormente in: tipo IIA e IIB. Le IIB sono a contrazione rapida e poco resistenti alla fatica, sono in grado di produrre ATP

molto rapidamente, utilizzano un metabolismo di tipo anaerobico, contengono grandi riserve di glicogeno ma non sono in grado di utilizzare il metabolismo aerobico a causa del grande dispendio energetico che è richiesto loro per compiere grandi sforzi in poco tempo. Inoltre contengono grandi quantità di creatina fosfato che permette loro di produrre ATP molto velocemente e possiedono pochi mitocondri. Le IIA invece, sono dette anche fibre intermedie, sono comunque rapide ma in grado di produrre meno forza rispetto alle IIB, sono resistenti alla fatica e sono in grado di utilizzare entrambe i tipi di metabolismi.

I miofilamenti possono essere di 3 tipi: filamenti spessi, sottili e elastici. I filamenti spessi, sono costituiti da diverse centinaia di molecole di miosina intrecciate tra loro, possiedono una testa globulare e un corpo bastoncellare e presentano un diametro di circa 15 nm. I filamenti sottili sono composti da due tipi di fasci di actina F e G, avvolti tra loro in una spirale con un diametro di circa 7 nm. L'actina G presenta un sito attivo per effettuare il legame con la miosina durante la contrazione. Ogni filamento sottile presenta 40-60 molecole di tropomiosina e ad ognuna di esse vi è legata una proteina chiamata troponina. I filamenti elastici sono costituiti da un'unica proteina di grandi dimensioni chiamata titina, che stabilizza i filamenti spessi e ne impedisce l'eccessivo allungamento (1).

1.2 Fisiologia della contrazione muscolare

La struttura e la funzione muscolare sono regolate da tre unità di base: la giunzione neuromuscolare, l'unità di accoppiamento eccitazione-contrazione (ECC) ed il sarcomero.

La giunzione neuromuscolare è una struttura responsabile della trasmissione dell'impulso elettrico dal motoneurone alla fibra muscolare. La giunzione si compone di tre parti fondamentali: la regione pre-sinaptica contiene un elevato numero di vescicole, in grado di immagazzinare, trasportare e riassorbire il neurotrasmettitore acetilcolina (Ach), necessario per avviare il processo di contrazione della fibra. Lo spazio sinaptico riceve l'Ach dalla regione presinaptica per trasportarla nella regione postsinaptica. Infine la regione post sinaptica è costituita da recettori nicotinici che captano l'Ach, generando un potenziale d'azione che verrà poi trasmesso alla fibra muscolare (2).

Nell'unità di accoppiamento eccitazione-contrazione avviene il trasferimento del potenziale d'azione dal sarcolemma ai miofilamenti. L'onda del potenziale del potenziale d'azione viene trasmessa lungo tutte le direzioni della placca motrice, raggiunge i tubuli T e continua nel sarcoplasma. Nei tubuli trasversali il segnale depolarizzante apre i canali ionici del Ca^{2+} voltaggio-dipendenti, innescando un segnale per l'apertura dei canali del Ca^{2+} del reticolo sarcoplasmatico. Gli ioni Ca^{2+} liberati, successivamente si legano alla troponina dei filamenti sottili, ed innescano una serie di modificazioni conformazionali, all'interno della fibra muscolare nel complesso troponina-tropomiosina, che espongono i siti attivi di legame dell'actina. All'interno della fibra muscolare, più precisamente nell'unità contrattile del sarcomero, avvengono la contrazione e il rilassamento. La contrazione avviene mediante scorrimento dei filamenti sottili sui filamenti spessi. In questa fase avviene l'idrolisi dell'ATP (legata alla testa della miosina) in $\text{ADP}+\text{Pi}$, il cambiamento conformazionale estende così la testa della miosina; successivamente si forma il ponte trasversale tra actina e miosina, che entrano in relazione tra loro nei siti attivi specifici. $\text{ADP}+\text{Pi}$ si slegano dalla testa della miosina, che fa scorrere su di sé il filamento sottile generando la contrazione muscolare. Questa connessione rimarrà fino a che non si legherà alla miosina una nuova molecola di ATP, che romperà il ponte trasversale. Il rilassamento si realizzerà quando i segnali nervosi smetteranno di raggiungere la regione presinaptica. Quest'ultima cesserà di produrre Ach, mentre quella esistente verrà degradata dall'acetilcolinesterasi (AChE). Gli ioni Ca^{2+} verranno riassorbiti dal reticolo sarcoplasmatico, si distaccheranno dalla troponina all'interno della fibra e la tropomiosina nasconderà i siti di legame dell'actina (1).

1.3 Cenni di anatomia dell'apparato scheletrico

Lo scheletro osseo nel corpo umano svolge diverse funzioni, tra cui: sostegno, movimento (grazie all'azione dei muscoli sulle ossa), protezione (di diversi organi come cuore, cervello, polmoni), equilibrio elettrolitico (riserva di ioni calcio e fosfato, vengono rilasciati nel circolo ematico al bisogno), funzione ematopoietica (eritrociti e leucociti) ed equilibrio acido-base (assorbe o rilascia Sali di carbonato e fosfati alcalina, per riequilibrare il pH ematico).

Le principali tipologie di osso in base alla loro forma anatomica, sono 2: Ossa lunghe e ossa piatte.

Le prime, vengono coinvolte maggiormente nel movimento corporeo (radio, ulna, femore, omero), anatomicamente sono formate da 2 regioni: epifisi e diafisi. Le epifisi sono localizzate alle estremità dell'osso, possiedono una base allargata che permette a tendini e legamenti di ancorarsi con facilità. Le diafisi invece, costituiscono la parte centrale dell'osso e forniscono un sistema di leve. La superficie articolare, dove 2 ossa interagiscono, è rivestita da uno strato di cartilagine ialina. Le ossa piatte invece svolgono perlopiù una funzione di mantenimento strutturale e di protezione organica (anca, ossa del cranio, coste, scapola, sterno).

Esternamente l'osso è rivestito da uno strato fibroso rigido composto da collagene chiamato periostio, che fornisce un saldo ancoraggio a tendini e legamenti; mentre lo strato più interno, detto osteogenico, è costituito da cellule che hanno la funzione di crescita e riparazione ossea. Mentre uno strato di tessuto connettivo interno, definito endostio, delimita la cavità midollare. I vasi sanguigni entrano all'interno dell'osso mediante dei forami nutritivi, facendogli ricevere una quantità ematica di circa mezzo litro al minuto.

È possibile delimitare 3 regioni costituenti l'osso: l'osso compatto, l'osso spugnoso ed il midollo osseo (1).

L'osso compatto è un tessuto molto solido, possiede un turnover di circa il 3% all'anno (3) e presenta strati di lamelle concentriche che confluiscono in una serie di aperture chiamate canali di Havers o centrali che scorrono longitudinalmente questo tessuto, all'interno di questi canali corrono numerosi vasi sanguigni. I canali centrali vengono messi in comunicazione attraverso dei canali perforanti (1). Il tessuto spugnoso, metabolicamente più attivo, risponde a stimoli ormonali e possiede un turnover del 26% all'anno (3), chiamato così per la presenza di spazi vuoti, è presente in larga parte nella regione epifisaria dell'osso ed è costituito da una rete di spicole (schegge d'osso) e trabecole (piastre sottili). Queste ultime si organizzano lungo le linee di stress dell'osso. Il midollo osseo occupa la cavità midollare di un osso lungo, i più ampi canali centrali e gli spazi tra le trabecole. Si suddivide in 2 tipologie: rosso e giallo. Il midollo osseo rosso, è la sede dell'ematopoiesi mentre

quello giallo, è la tipologia in cui si trasforma la maggior parte del midollo osseo rosso negli adulti, che non produce sangue ed è formato da tessuto adiposo (1).

L'osso è formato da una componente organica e una inorganica. La prima, chiamata anche osteoide è composta da proteine di collagene (specialmente di tipo I) e un'ampia gamma di proteine non derivanti dal collagene come: glicosamminoglicani, glicoproteine e altre derivanti dal siero. Le suddette sono deputate alla regolazione del metabolismo osseo nelle funzioni di: deposizione, mineralizzazione e turnover. La componente inorganica, invece, conferisce rigidità meccanica all'osso, ed è formata prevalentemente da calcio e fosforo a formare l'idrossiapatite, che arriva a costituire il 50-70% del peso dell'osso totale (3).

1.4 Fisiologia del processo di rimodellamento osseo

Il mantenimento dell'omeostasi ossea è dovuta a 3 tipi di cellule responsabili del suo corretto funzionamento: Gli osteoclasti, gli osteociti e gli osteoblasti. Questi 3 tipi di cellule compiono un continuo rimodellamento della superficie ossea a riposo, attraverso 5 fasi: attivazione, riassorbimento, inversione, formazione e terminazione. Nella prima fase, gli osteociti attivano la superficie ossea a riposo e inducono la differenziazione degli osteoclasti in osteoclasti multinucleati, mentre gli osteoblasti stimolano i macrofagi a proteggere e promuovere la differenziazione degli osteoclasti. Successivamente gli osteoblasti producono chemochine, che reclutano i precursori degli osteoclasti e la metalloproteinasi della matrice, l'azione di questi ultimi espone i siti di adesione per l'attacco degli osteoclasti, degradando l'osteoide. Nella fase di riassorbimento, gli osteoclasti secernono enzimi lisosomiali e idrogeno, che attraverso le reazioni di proteolisi e acidificazione, rimuovono il vecchio osso. La fase di inversione inizia con delle cellule specifiche, dette "cellule di inversione", che segnalano agli osteoclasti il tessuto da rimuovere e sono responsabili dell'accoppiamento degli osteoclasti con gli osteoblasti. La formazione costituisce la fase in cui gli osteoblasti depositano l'osteoide non mineralizzato in attesa della sua mineralizzazione, grazie all'incorporazione di minerali di idrossiapatite. A mineralizzazione conclusa, la formazione ossea si definisce completa. Nella fase di terminazione, la superficie ossea a riposo viene ristabilita e il tunnel osseo creatosi nella fase di rimodellamento, completamente sostituito.

Tuttavia il processo di rimodellamento subisce l'influenza di alcuni stimoli sia ormonali che meccanici. Tra gli stimoli ormonali ritroviamo: il PTH (o paratormone, ormone paratiroideo) che in alte dosi croniche induce il riassorbimento osseo mentre in basse dosi induce la formazione ossea; i glucocorticoidi, riducono la formazione ossea; la vitamina D3 che aiuta la fissazione del calcio osseo (3).

CAPITOLO 2 – SARCOPENIA E OSTEOPOROSI

2.1 Sarcopenia: Descrizione e prevalenza

La sarcopenia costituisce una patologia largamente diffusa in ambito geriatrico e difficilmente diagnosticabile, che provoca una degenerazione progressiva delle fibre muscolari a partire dai 50 anni, fino a raggiungere approssimativamente il 50 % del totale a 80 anni, con conseguente riduzione della massa, della funzione e della forza muscolare. Nell'anziano si stima che abbia una prevalenza tra il 5% e il 50 %, con un range molto variabile a seconda di età, sesso e condizioni patologiche (4).

Secondo dei dati della Fondazione A.D.I (Fondazione Italiana di Dietetica e Nutrizione Clinica), in Italia interessa fino al 20 % della popolazione tra i 65 e i 70 anni, fino ad arrivare al 40 % degli ultraottantenni (5).

Questa patologia costituisce una componente fondamentale nella deambulazione, poiché un suo peggioramento determina nell'anziano un elevato rischio di cadute, causando disabilità, mortalità ed altri eventi avversi. L'intervento precoce di questa patologia può limitare alcuni degli effetti più deleteri, preservando quanto più possibile la massa e la forza muscolare.

Precocemente la sarcopenia si presenta con un decremento delle dimensioni e della qualità del muscolo, con sostituzione del tessuto muscolare con tessuto adiposo. Colpisce prevalentemente le fibre a contrazione rapida di tipo II, subendo una riduzione anche del 50 % rispetto alla giovane età, mentre le fibre di tipo I sono meno colpite (6).

2.2 Sarcopenia: Fattori di rischio e diagnosi

Il fattore di rischio primario è costituito dai bassi livelli di attività fisica, che provocano un rapido declino delle fibre muscolari e della massa muscolare sopra i 50 anni, ma vi sono anche età, sesso e presenza di patologie croniche. Secondariamente troviamo: decremento dell'introito calorico (specialmente ridotto introito proteico), scarsi livelli di vitamina D, fattori ormonali (abbassamento dei livelli di testosterone ed estrogeni), progressivo incremento di fibrosi, stress ossidativo, cambiamenti del metabolismo muscolare, infiammazione cronica (sistemica di basso grado) e degenerazione delle giunzioni neuromuscolari.

La ridotta forza muscolare costituisce il principale parametro diagnostico della sarcopenia. È possibile fare diagnosi attraverso diversi test, tra cui il test di Grip Strength (4), il TUG (Timed-Up and Go) (7), il GS (Gait Speed) (8) e la massa muscolare (7). Un ulteriore studio della Korea University College Medicine del 2016 porta alla luce ulteriori metodologie diagnostiche, affermando che la risonanza magnetica e la TC, permettono di distinguere molto efficacemente il tessuto adiposo dal tessuto muscolare valutandone anche la qualità; tuttavia i limiti di queste tipologie di valutazioni sono gli elevati costi, l'accesso limitato e i rischi derivanti dall'esposizione delle radiazioni. Un ulteriore metodo di valutazione della composizione corporea è costituito dalla bioimpedenziometria (BIA) che costituisce un metodo economico ma comunque efficace, qualora non si riesca ad utilizzare il più accurato DXA (Dual energy X ray absorptiometry) che possiede un'elevata accuratezza e sicurezza diagnostica con livelli di raggi X relativamente bassi. Le misure antropometriche, invece, come la circonferenza brachiale, lo spessore delle pieghe cutanee e la circonferenza del polpaccio non sono dei validi parametri diagnostici per questa patologia, in quanto soggetti ad errori (9). Il BMI non risulta un parametro di valutazione efficace, in quanto non in grado di fornire dati accurati riguardo la composizione corporea, poiché considera solamente altezza, età, peso e sesso della persona; non ponendo distinzione tra massa muscolare e tessuto adiposo (10).

2.3 Osteoporosi: Descrizione e prevalenza

Secondo la definizione dell'Istituto Superiore di Sanità *“L'osteoporosi è una condizione caratterizzata dalla diminuzione della massa ossea e dal deterioramento della microarchitettura del tessuto osseo: questo porta a un aumento della fragilità ossea e conseguente aumento del rischio di fratture, che si verificano soprattutto nelle zone del polso, delle vertebre e del femore prossimale.”*(11). L'osteoporosi costituisce una delle principali cause di fratture in individui sopra i 50 anni con conseguenze, sia fisiche che psicologiche gravi, portando ad un aumento della comorbidità e della mortalità associata. Tutto ciò negli anni sta portando ad un continuo aumento continuo dei costi sanitari, spesi per il trattamento e per le fratture associate (12).

La sintomatologia specifica dell'osteoporosi può evolvere portando, nei casi più gravi, a disabilità, dolore cronico, funzionalità compromessa, perdita dell'indipendenza e istituzionalizzazione a breve e lungo termine (3).

Un recente studio trasversale pubblicato in una rivista cinese, ha evidenziato come su 20416 partecipanti, la prevalenza di osteoporosi negli adulti sopra i 40 anni, raggiunga il 20,6 % nella donna contro un 5 % nell'uomo, mentre la prevalenza di fratture vertebrali si aggira intorno al 10,5 % nell'uomo contro il 9,7 % nella donna. Nello stesso articolo si sottolinea come in un precedente studio, svolto sulle donne di Beijing, la prevalenza di fratture vertebrali raggiunga il 50 % (13). Annualmente contribuisce a 8,9 milioni di casi di fratture in tutto il mondo, con una mortalità che può raggiungere il 20 % nei casi di frattura d'anca (3).

In Italia si stima che colpisca il 14 % degli uomini oltre i 60 anni ed il 23 % delle donne oltre i 40 anni, fino a raggiungere l'80% delle donne in post-menopausa (14).

Le più comuni fratture legate all'osteoporosi sono riscontrabili nell'anca, nelle vertebre, nell'omero e nell'avambraccio distale (12).

2.4 Osteoporosi: Fattori di rischio e diagnosi

L'osteoporosi primaria, legata all'età e alla menopausa, vede la donna come il soggetto a maggior rischio, complici il calo fisiologico degli ormoni estrogeni post-menopausa, con un calo più marcato della massa ossea tra i 65 e i 69 anni. Nell'uomo invece, tende a presentarsi più tardivamente, tra i 74 e i 79 anni (3).

Esistono fattori di rischio immutabili e fattori di rischio prevenibili. Tra i fattori di rischio prevenibili ritroviamo tutti quei fattori di rischio legati agli stili di vita come: il fumo di sigaretta, il consumo eccessivo di alcol, il consumo di alte dosi di caffeina e la sedentarietà (15). Secondariamente ritroviamo tra i fattori di rischio per sviluppare osteoporosi: farmaci glucocorticoidi, inibitori di pompa protonica, patologie tiroidee, diabete mellito e senescenza(3).

La Bone Mineral Density (BMD), consente di fare diagnosi di osteoporosi e rappresenta la quantità di massa ossea per unità di volume (vBMD) o per unità di area (aBMD) dell'osso. Può essere individuata mediante diverse tecniche: la Dual energy X-ray absorptiometry (DXA), Quantitative UltraSound (QUS), Quantitative Computed Tomography (QCT). Tuttavia la più usata tra queste è la DXA, capace di

individuare la densità minerale ossea, il contenuto dei minerali ed i siti specifici più vulnerabili alle fratture. Questa tecnica è da preferire poiché comporta un minor quantitativo di radiazioni rispetto ad una radiografia tradizionale.

Il punteggio più comunemente usato per la diagnosi di osteoporosi è il T-score. Il T-score descrive la deviazione standard di quanto il valore della BMD si discosta dal valore medio. Molte linee guida consigliano di verificare la BMD sia a livello del femore prossimale, sia a livello della colonna lombare e verrà definito il grado di osteoporosi sulla base del T-score rilevato più basso. Un T-score <-2.5 consente di fare diagnosi di osteoporosi(16).

Per trattare l'osteoporosi vi sono metodi farmacologici e non. Tra i metodi non farmacologici ritroviamo: l'attività fisica, l'integrazione di Ca e vitamina D. Mentre tra le cure farmacologiche sono presenti diversi farmaci tra cui: Alendronato, Risedronato, Denosumab, Raloxifene e terapia ormonale (nella donna) (17).

CAPITOLO 3 – MATERIALI E METODI

3.1 Obiettivo

La ricerca bibliografica è stata effettuata allo scopo di ricercare degli studi, tra la letteratura presente, riguardanti i benefici dell'allenamento anaerobico nell'anziano per prevenire osteoporosi e sarcopenia, facendo anche un breve confronto con l'attività fisica di tipo aerobico. Si sono cercate informazioni riguardanti le diverse metodologie di allenamento che sfruttano il sistema energetico anaerobico, valutandone l'efficacia e i benefici che si ripercuotono negli apparati muscolare e scheletrico.

3.2 Criteri di inclusione e parole chiave

La ricerca bibliografica è stata svolta tra Maggio e Ottobre 2022.

Per reperire il materiale bibliografico, è stato utilizzato il motore di ricerca PubMed.

Gli articoli reperiti sul motore di ricerca PubMed sono tutti in lingua inglese.

Per la ricerca bibliografica del materiale è stato utilizzato come criterio un anno di pubblicazione tra il 2016 e il 2022.

Tuttavia nei risultati sono stati inclusi anche 3 articoli meno recenti (2010, 2013, 2014) perché ritenuti fondamentali.

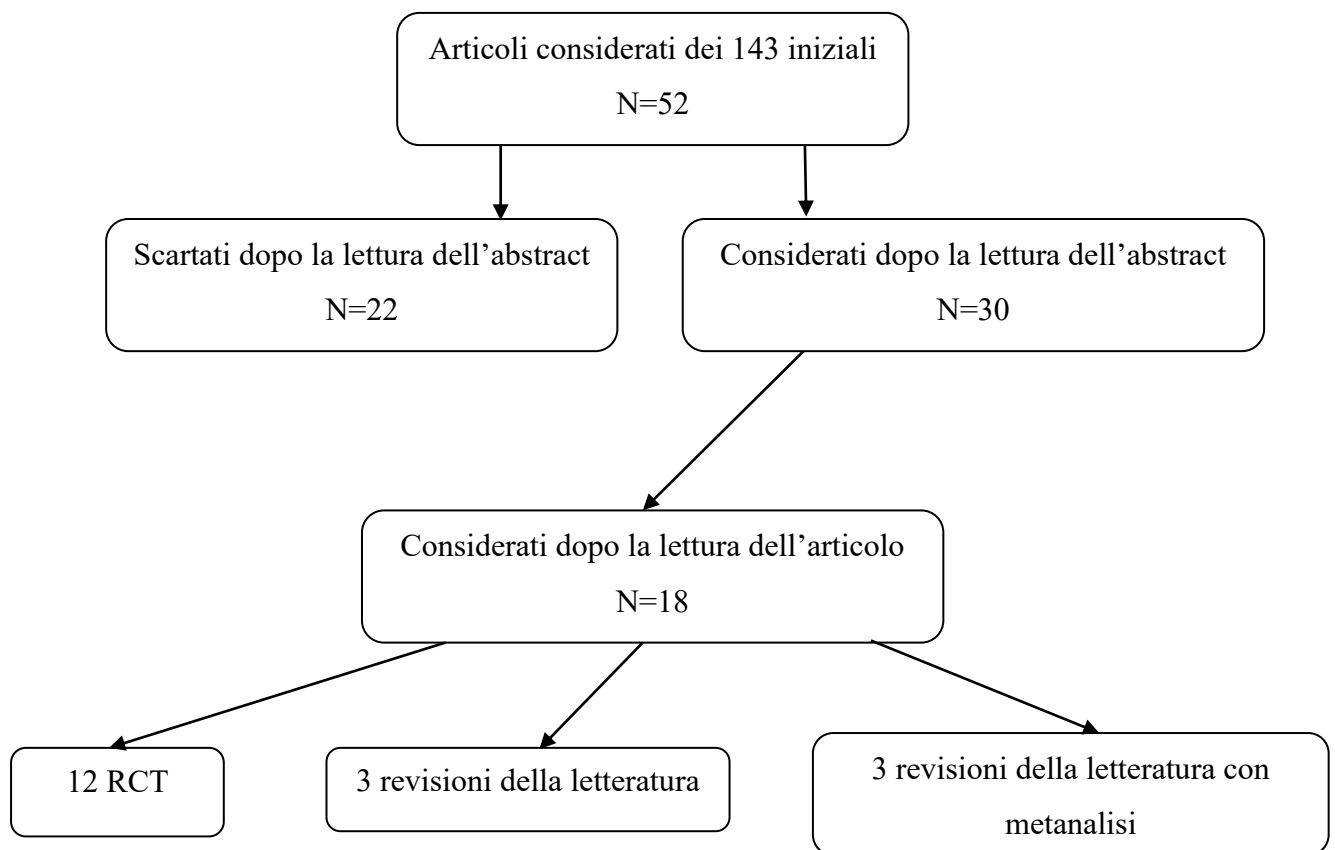
Sono state utilizzate diverse stringhe nella modalità ricerca avanzata, tra cui:

- (skeletal muscle) AND (function)) AND (structure)
- ((sarcopenia) AND (health)) AND (older adults)
- ((sarcopenia) AND (health)) AND (older adults) AND (BMI)
- ((osteoporosis) AND (treatment)) AND (older people)
- (osteoporosis) AND (prevalence)
- (osteoporosis) AND (risk factors)
- (anaerobic training) AND (adaptation)
- (anaerobic training) AND (adaptation)) AND (bone)
- ((strength training) AND (older adults)) AND (sarcopenia)
- ((strength training) AND (older adults)) AND (osteoporosis)

Oltre alle stringhe di ricerca sono stati cercati alcuni argomenti utilizzando parole chiave, quali:

- Osteoporosis prevention;
- Sarcopenia prevention;
- Muscular strenght training in older;
- Strenght training and prevention in older adult;
- Strenght training and prevention in older adult;
- Strenght training and prevention in osteoporosis,
- Sarcopenia prevention and Strenght training,
- Osteoporosis prevalence,
- Sarcopenia,
- Osteoporosis and T-score.

Qui di seguito verrà esposta la flow chart del processo che ha portato alla selezione degli articoli considerati:



Inizialmente sono stati considerati 52 articoli dei 143 iniziali, in quanto non rispondevano in modo adeguato al quesito di ricerca, successivamente ne sono stati scartati altri 22 dopo la lettura dell'abstract, poiché la popolazione considerata non rispondeva all'obiettivo prefissato.

Infine gli studi utilizzati, pertinenti al quesito di ricerca utilizzati sono stati 18, di cui:

- 12 Studi randomizzati controllati (RCT)
- 3 Revisioni della letteratura con meta-analisi
- 3 Revisioni della letteratura

CAPITOLO 4 – RISULTATI DELLA RICERCA

In tutto il capitolo in questione verranno analizzati gli articoli esposti nella flow chart del Capitolo 4 – Materiali e Metodi, la cui sintesi è riportata nell'allegato 1 dopo la bibliografia.

Tuttavia prima di illustrare i risultati è stato necessario esporre brevemente il funzionamento del metabolismo anaerobico e le risposte fisiologiche innescate nell'organismo; ai fini di comprenderne meglio le sue caratteristiche.

4.1 Attività fisica anaerobica e meccanismi di adattamento

Uno dei possibili interventi riguardante entrambe le patologie è costituito dall'attività fisica anaerobica che, adeguatamente ponderata, è stato dimostrato in molteplici ricerche e studi costituire un efficace strumento di prevenzione nei confronti delle principali patologie a carico dell'apparato muscolare e scheletrico nell'anziano. Questa tipologia di esercizi sono in grado di migliorare considerevolmente la massa muscolare, la forza e generare una risposta di adattamento positiva anche nell'osso, migliorandone la BMD e la sua funzione. (3,4,13).

In risposta all'allenamento si possono innescare degli adattamenti fisiologici e metabolici. A seconda della tipologia di allenamento e del sistema energetico coinvolto gli adattamenti possono cambiare. Come risultato di un'attività fisica regolare, i principali miglioramenti includono: un miglioramento della funzione e dell'attività mitocondriale, della loro biogenesi, un aumento delle scorte di glicogeno muscolare e della sintesi proteica attraverso un incremento dell'attività degli enzimi coinvolti. Tutto ciò innesca dei cambiamenti nel metabolismo a lungo termine e dell'espressione genica. Tuttavia va segnalato che un eccessivo allenamento fisico può limitare questi meccanismi di adattamento, generando un eccessivo stress ossidativo, infiammazione e perdita di massa muscolare (18). Una ricerca del 2021 pubblicata nel Journal of the International Society of Sport Nutrition, afferma che l'adattamento all'attività fisica anaerobica con alti carichi innescherebbe anche una risposta osteogenica con l'attivazione degli osteociti, osteoblasti e osteoclasti. Il meccanismo che fa instaurare questi adattamenti è definito meccano-trasduzione,

poiché trasforma il carico meccanico, a cui è sottoposta la persona durante l'allenamento, in stimolo chimico che genera una serie di risposte biochimiche(19).

Il sistema energetico anaerobico si suddivide ulteriormente in 2 tipologie: Lattacido e alattacido. La prima tipologia entra in gioco quando si devono svolgere esercizi intensi di durata tra i 10 e i 60 secondi, per esempio sprint da 200-400 m e serie con i pesi fino a 50 ripetizioni rapide. Prima dei 10 secondi lavora il sistema anaerobico alattacido, per poi lasciare spazio a quello lattacido sopra questo tempo. Quest'ultimo fornisce energia mediante la scomposizione delle scorte muscolari di glicogeno, l'assenza di ossigeno durante questo processo fa scomporre il glicogeno in acido lattico. Il suo accumulo durante l'esercizio prolungato genera l'affaticamento muscolare. Alcuni degli sport che utilizzano questo sistema energetico sono l'atletica leggera sui 200-400 m e i 50 m nel nuoto.

La seconda tipologia, invece, viene utilizzata per sforzi molto intensi con una durata inferiore ai 10 secondi massimali, le scorte muscolari di ATP sono in grado di sostenere i primi 2 secondi di uno scatto di corsa oppure le prime 2-5 ripetizioni di una serie ad esaurimento. In risposta all'esaurimento delle scorte di ATP, l'organismo scompone la fosfocreatina in creatina e fosfato, che l'organismo utilizza per risintetizzare l'ATP successivamente ad una fase di riposo muscolare. Viene utilizzato in attività muscolari che richiedono contrazioni forti e rapide, come il sollevamento pesi, lo sprint sui 60 m e attività di salto nell'atletica leggera (20).

4.2 Esercizio fisico anaerobico e sarcopenia

Gli aspetti che verranno analizzati, sono:

- Forza e prestazione muscolare
- Massa muscolare.

In particolare gli articoli riguardanti l'allenamento anaerobico come prevenzione della sarcopenia sono 8 (7,8,21–26), mentre per l'allenamento aerobico sono 2 (27,28).

Tuttavia risulta necessario fare una premessa ed esporre le variabili che entrano in gioco in termini di differenze sulle metodologie di allenamento e sugli indicatori di risultato, applicati ad ogni studio.

4.2.1 Metodologie di allenamento

Nonostante tutti gli articoli che verranno portati in questo paragrafo trattino gli effetti dell'attività fisica anaerobica nell'anziano come prevenzione della sarcopenia, ogni studio randomizzato controllato presenta una sua programmazione.

Tuttavia prima di esporre i programmi specifici è necessario premettere che diversi programmi utilizzano la dicitura RT (Resistance Training) ad indicare genericamente l'allenamento anaerobico, nonostante le programmazioni siano molto diverse tra loro; detto questo al fine di evitare ripetizioni, dove ci sarà questa dicitura verrà automaticamente omessa.

Il gruppo di intervento verrà anche indicato con l'abbreviazione IG, mentre il gruppo di controllo CG.

I programmi utilizzati sono:

- Nello studio di Vikberg et al. (7), il gruppo di intervento (IG) si è sottoposto a 10 settimane di allenamento, con sessioni da 45 minuti per 3 volte alla settimana. Il volume di allenamento e l'intensità sono state progressive nel corso delle settimane, partendo da 2 set da 12 ripetizioni alla prima settimana, per concludere con 4 set da 10 ripetizioni alla decima settimana. Sono stati utilizzati esercizi con bande elastiche, vesti zavorrate e cinture con pesi.
- Nel programma *SBT* (Strenght and Balance Training) dello studio di Aartolahti et al. (21), l'IG si è sottoposto a 2,3 anni di allenamento, con sessioni da 60 minuti da eseguire per una volta alla settimana. L'allenamento prevede l'esecuzione di 2/3 set da 8-12 ripetizioni al 60-85 % dell'1 RM(Maximum Repetition). Sono stati utilizzati esercizi come: leg press, abdominal crunches, hip abduction, knee flexion e knee extension.
- Nello studio di Seo et al. (8), l'IG si è sottoposto a 16 settimane di allenamento, con sessioni da 60 minuti per 3 volte alla settimana.

Sono stati utilizzati esercizi con l'utilizzo di elastici e con i pesi come: Biceps curl, Shoulder press, Triceps extension, Crunch, Squat, Lunge, Leg raise ecc...

- Il metodo *HI-RT* (High-Intensity Resistance Training) nello studio di Lichtenberg et al. (22), l'IG si è sottoposto a 28 settimane di allenamento per 2 volte alla settimana. L'allenamento prevede 1/2 set da 8-15 ripetizioni, utilizzando esercizi come: Bench press, Rowing, Leg press, Crunches, Leg extension ecc..

Sulla revisione di Lu et al. (23), compaiono anche i termini di *WBVT* (Whole Body Vibration Training), metodologia costituita da un allenamento eseguito su pedana vibrante, e *MT* (mixed training) formato da RT più esercizi di equilibrio e aerobici.

4.2.2 Indicatori di risultato

Per i risultati che verranno analizzati nei prossimi paragrafi, qui di seguito verranno elencati alcuni indicatori di risultato:

- *Handgrip Strenght*, è un test che viene utilizzato per valutare la forza dei muscoli dell'avambraccio e della mano. Solitamente per svolgere questo test viene utilizzato un dinamometro dove, stringendo una maniglia, lo strumento indicherà la forza della stretta di mano in newton (N), in kilogrammi (kg) oppure in libbre (lb).
- *TUG* (Timed Up and Go), risulta importante nell'individuare il rischio di caduta e misura l'equilibrio della persona nei vari cambi posturali e nella deambulazione. Il paziente, seduto su una sedia, dovrà alzarsi, percorrere 3 metri in linea retta, girarsi, tornare indietro e risedersi sulla sedia di partenza. Alla fine del test verranno rilevate incertezze, perdite di equilibrio, postura. Tuttavia il parametro di valutazione primario consiste nel tempo necessario a svolgere il test.
- *GS* (Gait speed), consiste nel far percorrere al soggetto uno spazio che va dai 4 ai 6 m in linea retta, rilevando la velocità di percorrenza in m/s. Una velocità di percorrenza <0.8 m/s suggerisce un elevato rischio di fragilità.

- *SMI* (Skeletal Mass Index), è un parametro che indica la proporzione tra la massa muscolare del soggetto ed il suo peso, calcolabile con la formula $SMI = (\text{kg di massa muscolare} \times 100) / \text{peso corporeo in kg}$.

4.2.3 Forza e prestazione muscolare

Gli indicatori utilizzati per valutare forza e prestazione muscolare sono: l'handgrip strenght, il TUG test e il GS test.

Per quanto riguarda l'*handgrip Strenght*, di seguito illustrerò i risultati di 3 studi randomizzati controllati (7,8,22) e 2 revisioni della letteratura con meta-analisi di studi randomizzati controllati (24,25).

Nel grafico 1, si può vedere come nello studio di Vikberg et al. (7) svolto su una popolazione di 70 persone di 70 anni, ha evidenziato significativi miglioramenti della forza della presa nel gruppo di intervento (IG), passando da 30.7 ± 9.55 kg a 32.0 ± 10.7 kg ($p=0.007$); a differenza del gruppo di controllo (CG) rimasto quasi invariato.

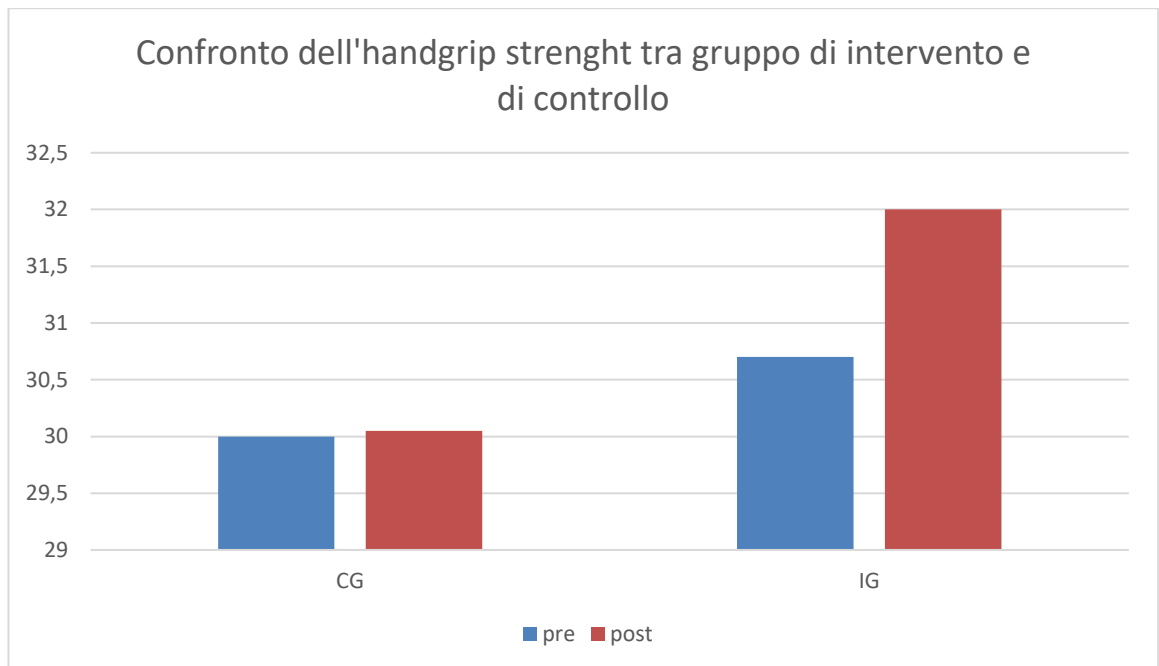


Grafico 1. Confronto dell'handgrip strenght medio in kg, tra il gruppo di intervento e il gruppo di controllo nello studio di Vikberg et al. (7).

Nel grafico 2 sottostante, invece, sono stati messi a confronto i gruppi di controllo ed intervento degli studi di Seo et al. (8), con popolazione esclusivamente femminile di 22 persone oltre i 65 anni; e quello di Lichtenberg et al. (22), con popolazione

esclusivamente maschile di 43 partecipanti ≥ 72 anni. Dal grafico in questione se ne deduce che, nonostante le diverse metodologie di allenamento applicate, il programma di allenamento applicato nello studio di Seo et al. (8) si è rivelato più efficace nell'aumento della handgrip strenght, passando da 20.8 ± 2.93 kg a 24.3 ± 2.25 kg e ($p < 0.001$) all'interno dell'IG, rispetto allo studio di Lichtenberg et al. (22) che è passato da 30.7 ± 5.1 kg a 30.85 ± 2.26 kg e ($p < 0.001$) rispetto al gruppo di controllo.

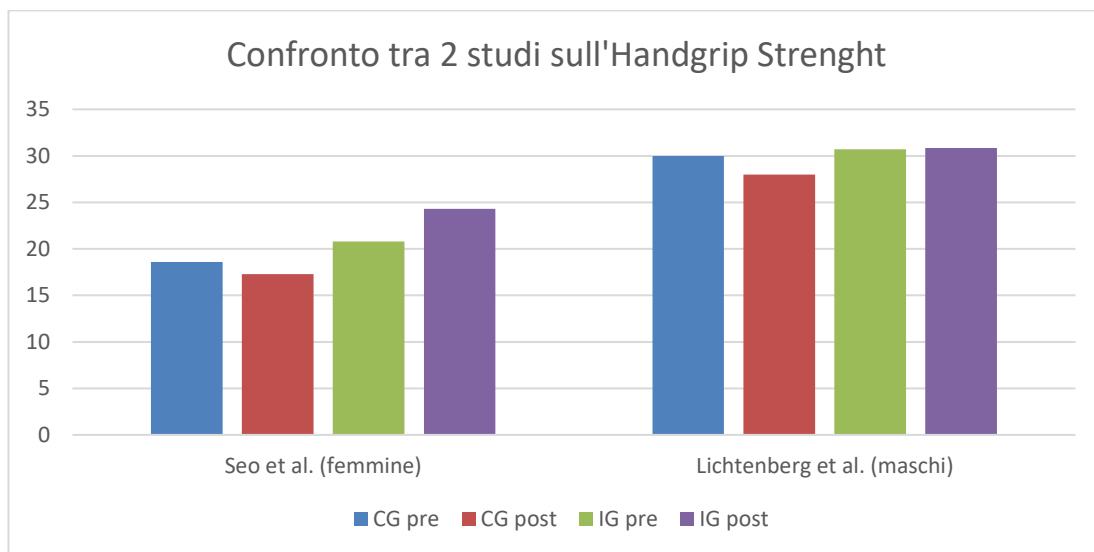


Grafico 2. Confronto tra la forza media in kg della presa nei gruppi di intervento (IG) e controllo (CG) degli studi di Seo et al. (8) e Lichtenberg et al. (22), prima e dopo l'applicazione dei relativi programmi di allenamento.

Tuttavia servirebbero maggiori studi a riguardo sull'applicazione dei relativi metodi all'altro sesso, per vedere se vi è correlazione di un'efficacia maggiore effettiva su un sesso piuttosto che su un altro a parità di programmazione.

È importante precisare che nei 2 grafici precedentemente esposti, sono state escluse 2 revisioni della letteratura con meta-analisi di studi randomizzati e controllati, poiché non è stato possibile confrontare i risultati ottenuti, non esponendo i risultati dell'handgrip strenght in kg.

Nonostante ciò sia la revisione di Talar et al. (24), che ha revisionato 25 studi randomizzati controllati della durata media ≥ 8 settimane, con una popolazione media ≥ 65 anni; che quella di Chen et al. (25) che ha revisionato 14 studi con una popolazione di età compresa tra i 65.8 e i 82.8 anni, hanno presentato risultati

significativi di incremento della forza della presa nel gruppo di intervento, rispettivamente (ES = 0.51 [95% CI: 0.23 to 0.78], p = 0.001, I² = 68%) e (SMD = 0.81, 95%CI 0.35 to 1.27, p = 0.0005, I² = 81%).

Per il *TUG test* sono stati analizzati 4 studi, di cui 2 studi randomizzati controllati (7,21) e 2 revisioni della letteratura con meta-analisi di studi randomizzati e controllati (23,25).

Nella ricerca di Vikberg et al. (7) si sono evidenziati miglioramenti significativi del gruppo di intervento dall'inizio dello studio al follow-up, passando da 8.90 ± 1.94 secondi a 7.57 ± 1.53 secondi con (p<0.001).

Interessante osservare lo studio di Aartolahti et al. (21)(grafico 3), svolto su 182 persone di 80 ± 3.9 anni; che pone distinzione tra uomo e donna nel TUG test, mostrando una differenza tra i 2 sessi, che vede l'uomo passare da 10.6 ± 5.5 s a 11.1 ± 6.5 s, mentre la donna passa da 11.0 ± 4.1 s a 9.4 ± 2.8 s.

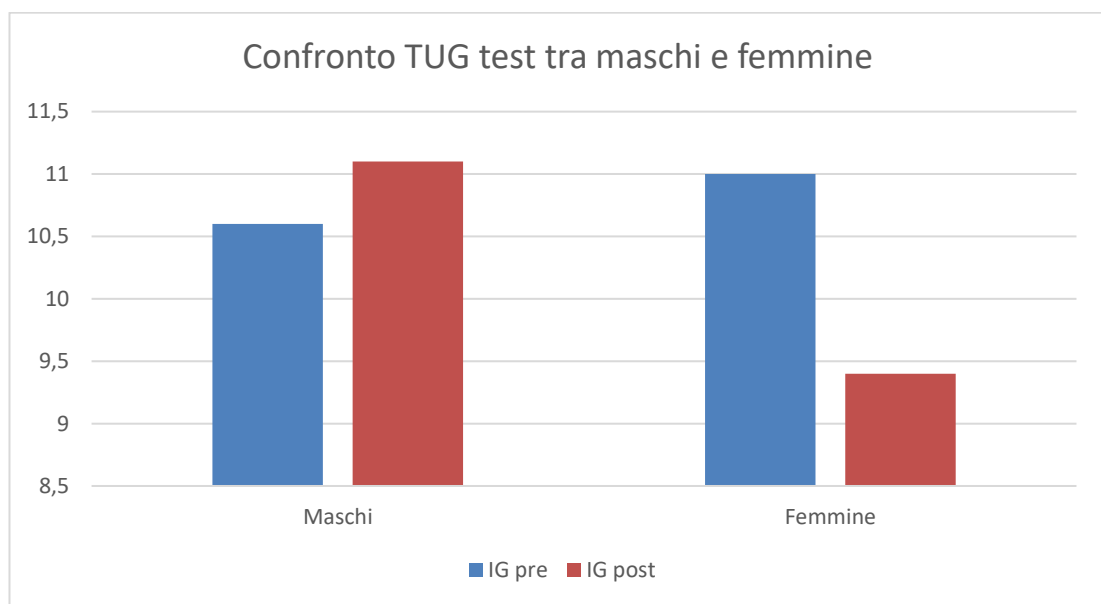


Grafico 3. Differenza del secondaggio medio del TUG test tra maschi e femmine, nel CG e nel IG, dello studio di Aartolahti et al. (21).

Nel grafico soprastante risulta chiaro che vi sono state importanti differenze nel tempo di esecuzione del TUG tra i 2 sessi, vedendo miglioramenti importanti nella donna rispetto all'uomo, da verificare concretamente in ulteriori studi.

Un ulteriore confronto va fatto tra 2 importanti revisioni della letteratura con metanalisi di studi randomizzati controllati, di Lu et al. (23) dove viene analizzata la

letteratura presente in 26 studi randomizzati e controllati che pongono a confronto le metodologie di allenamento RT, MT e WBVT; e la letteratura presente sul metodo RT nello studio di Chen et al. (25).

Entrambe le meta-analisi di Lu et al. (23) e Chen et al. (25) hanno rilevato miglioramenti sostanziali e confrontabili nel TUG test, rispettivamente (RT, MT, WBVT; SMD = -0.66, 95% CI: - 0.94 to - 0.38, $p < 0.00001$, $I^2 = 60\%$) e (SMD = - 0.93, 95% CI - 1.30 to - 0.56, $p < 0.0001$, $I^2 = 23\%$).

Per il parametro del *gait speed* (GS) test infine, verranno analizzati 4 studi (8,23–25), di cui 3 revisioni sistematiche con meta-analisi di studi randomizzati controllati.

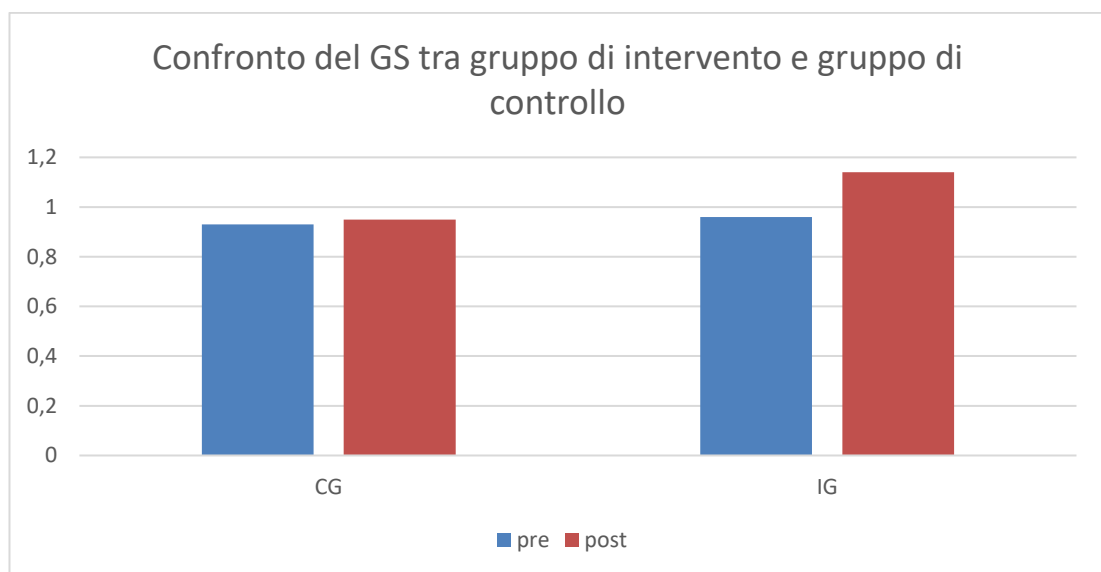


Grafico 4. Confronto della velocità di andatura (GS) in m/s, pre e post studio nei gruppi di intervento (IG) e controllo (CG), nello studio di Seo et al. (8).

Nello studio randomizzato controllato di Seo et al. (8)(grafico 4), nel gruppo di intervento vi è un sostanziale miglioramento della velocità di esecuzione del GS test da 0.96 ± 0.08 m/s a 1.14 ± 0.11 m/s ($p < 0.001$), mentre nel gruppo di controllo (CG) non si sono presentati miglioramenti significativi, passando da 0.93 ± 0.09 m/s a 0.95 ± 0.09 m/s.

La revisione con meta-analisi di Talar et al. (24), ha mostrato miglioramenti significativi nei gruppi di intervento degli studi analizzati (ES = 0.75 [95% CI: 0.49 to 1.02], $p < 0.001$).

Nello studio di Chen et al. (25), il confronto tra il gruppo di intervento e quello di controllo ha riportato i seguenti risultati significativi (SMD = 1.28, 95%CI 0.36 to 2.19, $p = 0.006$, I² = 89%).

E infine nello studio di Lu et al. (23) sono stati rilevati miglioramenti significativi nei seguenti risultati di tutte in 2 programmazioni: RT (SMD = 2.01, 95% CI: 1.04 to 2.97, $p < 0.0001$, I² = 84%) e MT (SMD = 0.69, 95% CI: 0.29 to 1.09, $p = 0.008$, I² = 81%); mostrando invece risultati contrastanti nel metodo WBVT (SMD = 0.12, 95% CI: - 0.15 to 0.39, $p = 0.38$, I² = 0%).

Da quest'ultimo studio se ne deduce che i 2 programmi (RT e MT) si sono rivelati decisamente più efficaci nel miglioramento del secondaggio nel GS test, rispetto al metodo WBVT.

Rodrigues et al. (26) nella sua revisione afferma che questa tipologia di allenamento non andrebbe sostituito ad un trattamento specifico della sarcopenia, tuttavia sembrerebbe rivestire un efficace metodo preventivo per ridurre il rischio di caduta, gli infortuni legati alla caduta ed altre comorbidità.

4.2.4 Massa muscolare

Per quanto riguarda la massa muscolare vengono analizzati qui di seguito 4 studi (7,22,24,25), di cui 2 revisioni con meta-analisi (24,25).

Nella ricerca di Vikberg et al. (7), il quantitativo di massa muscolare nell'IG è significativamente migliorato da 40.8 ± 7.60 kg a 41.9 ± 7.94 kg ($p < 0.001$) e nel CG è rimasto pressoché invariato passando da 41.8 ± 8.64 kg a 41.9 ± 8.63 kg ($p = 0.69$).

Talar et al. (24) ha evidenziato miglioramenti significativi nel gruppo di intervento (ES = 0.29 [95% CI: 0.12 to 0.46], $p = 0.002$).

Nello studio di Lichtemberg et al. (22), il CG ha presentato una variazione del SMI da 7.1 ± 0.30 kg/m² con cambiamento di -0.03 ± 0.21 , IG da 7.07 ± 0.33 kg/m² con cambiamento di 0.3 ± 0.22 e ($p < 0.01$) sia all'interno del gruppo di intervento sia tra i 2 gruppi rispettivi.

Risultati contrastanti sono esposti nello studio di Chen et al. (25), dove la metanalisi degli studi randomizzati e controllati, non ha presentato alcun miglioramento nell'incremento di massa muscolare nel gruppo di intervento che si è sottoposto a RT (SMD = 0.27, 95% CI - 0.02 to 0.56, $p = 0.07$, I² = 0%).

Risulta importante precisare che vista la grande variabilità di presentazione dei risultati sulla massa muscolare, non è stato possibile eseguire un confronto adeguato tra i risultati ottenuti nei diversi studi.

4.2.5 Breve confronto con l'attività fisica aerobica

Nel tema vengono analizzati 2 studi (27,28). Nello studio di Ozaki et al. (27), il programma di allenamento è stato strutturato in 17 settimane, dove i 15 anziani di 69 ± 1 anni sono stati divisi in 2 gruppi: un gruppo ha compiuto un programma di allenamento costituito solo dalla camminata (W) mentre l'altro gruppo ha eseguito un metodo composto dalla camminata più il salire le scale (WS).

Lo studio ha riportato miglioramenti significativi nello spessore muscolare o Muscle Thickness (MT) della parte anteriore e posteriore della coscia ($p < 0.05$) e nel tempo di forza isometrica massima ($p < 0.01$) in entrambe i gruppi di lavoro.

Da questo si deduce che non vi sono variazioni significative che giustifichino la scelta di un metodo piuttosto che l'altro.

Risultati contrastanti sono evidenziati nello studio di Brightwell et al. (28), dove 23 anziani di 65-82 anni, si sono sottoposti ad un programma di 24 settimane di camminata da eseguire 3 volte a settimana, dove non ci sono stati cambiamenti nella massa muscolare totale nel gruppo di intervento tra prima (42.75 ± 7.50 kg) e dopo lo studio (42.90 ± 7.55 kg).

Qui di seguito verrà riportato un grafico che metterà a confronto i cambiamenti nella massa muscolare media dei gruppi di controllo e intervento, dello studio di Brightwell et al. (28) con attività fisica aerobica e quello di Vikberg et al. (7) con attività fisica anaerobica.

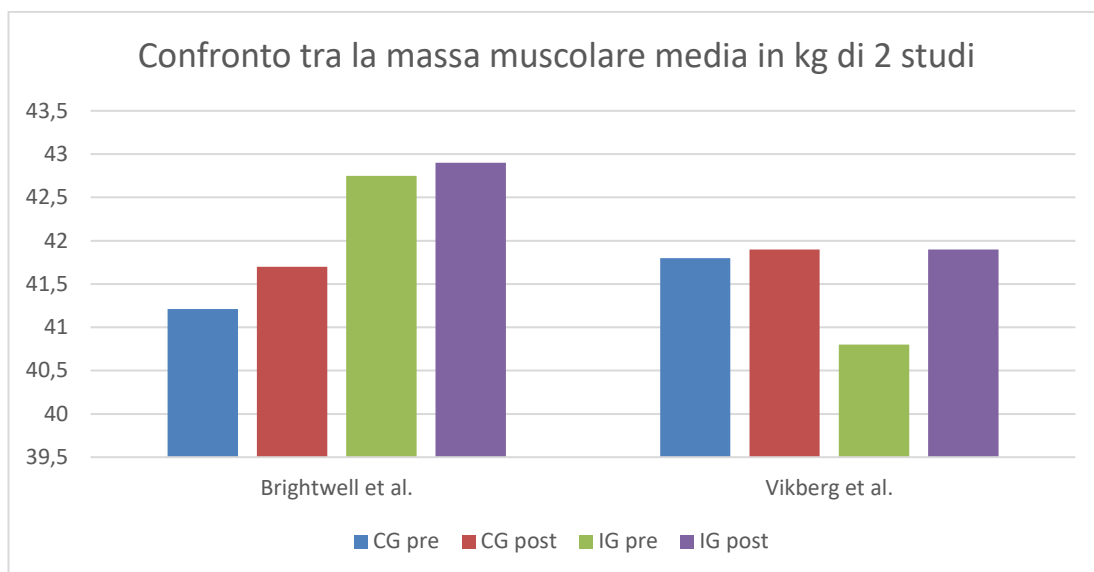


Grafico 5. Confronto della massa muscolare media in kg dei gruppi di intervento (IG) e controllo (CG), prima e dopo gli studi di Vikberg et al. (7)(allenamento anaerobico) e Brightwell et al. (28)(allenamento aerobico).

Osservando il grafico 5 se ne deduce che il gruppo di intervento che ha svolto un programma di allenamento della forza (anaerobico) dello studio di Vikberg et al. (7) ha ottenuto significativi miglioramenti nell'aumento di massa muscolare, passando da 40.8 ± 7.60 kg a 41.9 ± 7.94 kg ($p < 0.001$).

Tuttavia la scarsità di materiale reperito riguardo all'attività fisica aerobica come prevenzione della sarcopenia e la scarsa confrontabilità con gli indicatori di risultato degli studi riguardanti l'attività fisica anaerobica, non permettono di trarre delle conclusioni adeguate da questo confronto.

4.3 Esercizio fisico anaerobico e Osteoporosi

Il paragrafo in questione analizzerà i benefici dell'allenamento della forza sull'anziano per quanto riguarda l'osteoporosi e analizzerà i suoi benefici sulla resistenza ossea.

Gli articoli utilizzati in questo paragrafo sono 6 riguardanti l'attività fisica anaerobica (29–34) e 2 articoli dove sono state prese informazioni sull'attività fisica aerobica e osteoporosi (35,36).

Occorre però segnalare che anche qui, come nel precedente paragrafo, vi sono delle differenze di programmazione rilevabili attraverso gli studi.

4.3.1 Metodologie di allenamento

Nel materiale reperito su questo argomento, è possibile delineare dei programmi di allenamento specifici descritti in modo più preciso, di cui uno compare in 2 di questi studi. I programmi di allenamento applicati sono i seguenti:

- *HiRIT* (High-intensity progressive Resistance and Impact Training) è costituito da 3 esercizi fondamentali (squat, deadlift, overhead press), eseguiti con il bilanciere 2 volte alla settimana. In ogni allenamento vengono eseguiti 5 set da 5 ripetizioni, con una velocità di esecuzione moderata e con un carico $\geq 80-85\%$ dell'1 RM. Il seguente metodo viene applicato negli studi di Harding et al. (29), in una popolazione esclusivamente maschile, e di Watson et al. (30), in una popolazione esclusivamente femminile.
- *IAC* (Isometric Axial Compression) è costituito da 5 esercizi (chest press, leg press, core pull, arm pull, vertical lift) eseguiti con i macchinari 2 volte alla settimana. Nell'allenamento viene eseguita una contrazione isometrica di 5 secondi, con un'intensità $\geq 80-85\%$ dell'1 RM (29).
- *High Impact Unilateral Exercise* consiste nell'eseguire tutti i giorni, in una sessione di allenamento, 5 set da 10 salti multidirezionali con una sola gamba (31). La gamba con cui verranno svolti i salti (EL), verrà confrontata con la gamba non sollecitata dai salti (CL).
- *Resistance training* consiste in sessioni di allenamento della durata di 60 minuti, per 3 volte alla settimana (32). Non sono specificate l'intensità e la tipologia di esercizi utilizzati.
- Un'ulteriore *RT* composto da 3 sessioni alla settimana da 60 minuti. In ogni sessione vengono eseguiti 3 set da 8 ripetizioni per ogni esercizio. Gli esercizi in questo programma sono molteplici, tra cui: hip flexion, hip extension, hip abduction, hip adduction, calf raise e tricep pushdown (33).
- *Osteo-cise* è un programma di allenamento costituito da una serie di esercizi da eseguire con una contrazione muscolare rapida in fase concentrica più alcuni esercizi di equilibrio e funzionali. Da eseguire 3 giorni alla settimana (34).

4.3.2 Indicatori risultato

In questo caso gli indicatori di risultato che prenderò in considerazione, e comuni a più studi, sono:

- la densità minerale ossea (BMD), sia volumetrica (vBMD) avente come unità di misura g/cm^3 , che quella areale (aBMD) in g/cm^2 .
- Il Contenuto minerale osseo (BMC), che rileva il contenuto in g dei minerali presenti nell'osso, insieme alla BMD fornisce informazioni aggiuntive riguardo alla composizione minerale ossea.

Occorre segnalare che negli studi di Harding et al. (29) e di Watson et al. (30), in aggiunta è stato preso in considerazione lo spessore corticale totale del collo del femore (FN) in mm, perché considerato un dato particolarmente significativo.

4.3.3 Resistenza ossea

I risultati che verranno inseriti in questo paragrafo, sono relativi ai distretti ossei del collo del femore, del rachide lombare e dell'anca.

In particolare, negli studi di Harding et al. (29), con popolazione di 93 uomini anziani; e di Watson et al. (30) con una popolazione di 101 donne anziane, è possibile confrontare in modo chiaro i risultati della stessa programmazione ed i suoi effetti sugli uomini e sulle donne.

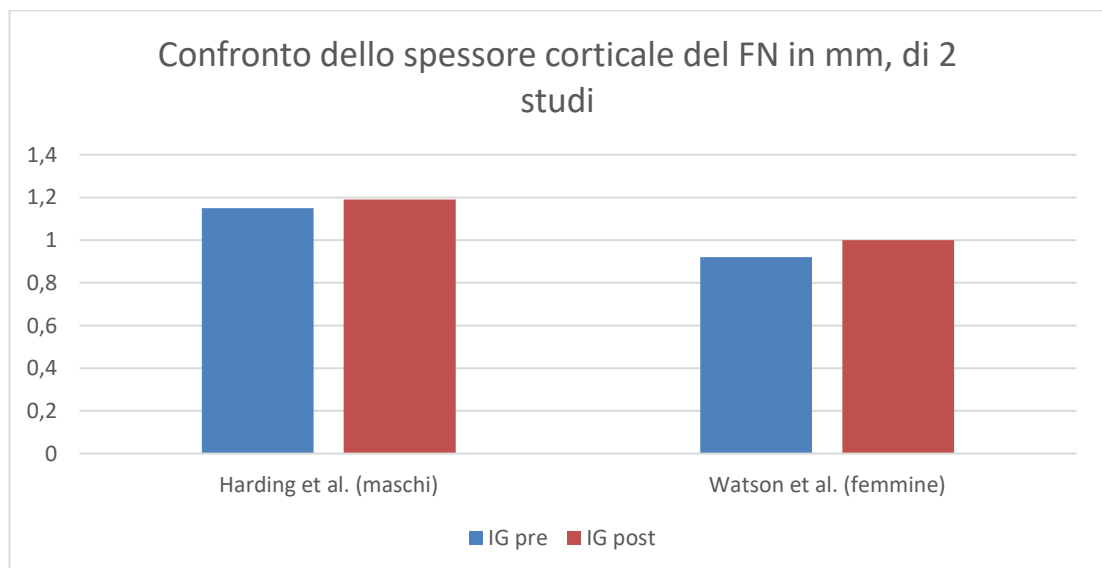


Grafico 6. Confronto dello spessore corticale medio del FN in mm, prima e dopo gli studi di Harding et al. (29) e Watson et al. (30), nei gruppi di intervento.

In entrambe gli studi presi in esame (grafico 6) la durata dello studio è stata di 8 mesi e l'età media della popolazione di 65 anni. Possiamo notare che in entrambe gli studi, sia uomini che donne, hanno ricevuto miglioramenti significativi dello spessore corticale del collo del femore, vedendo gli uomini passare da 1.15 ± 0.15 mm a 1.19 ± 0.14 mm con ($p \leq 0.05$) (29), mentre le donne sono passate da 0.92 ± 0.19 mm a 1.00 ± 0.18 mm con ($p < 0.05$) (30).

Occorre precisare che dal grafico in questione sono stati esclusi i gruppi di controllo, poiché in uno degli studi non svolge alcun tipo di pratica (29), mentre nell'altro svolge un allenamento a bassa intensità (30), ad ogni modo nemmeno quest'ultimo ha presentato risultati significativi.

Risultati contrastanti sono indicati dal protocollo IAC nello studio di Harding et al. (29) che ha visto quasi invariato lo spessore corticale del collo del femore rispetto all'inizio dello studio.

Risultati importanti arrivano anche dallo studio di Watson et al. (30), che ha mostrato miglioramenti significativi nei risultati della aBMD del FN del gruppo di intervento rispetto al gruppo di controllo, che ha visto passare il CG da 0.682 ± 0.059 g/cm² a 0.670 ± 0.059 g/cm², mentre l'IG da 0.699 ± 0.086 g/cm² a 0.700 ± 0.084 g/cm² ($p=0.025$).

Confrontabili in termine di miglioramento percentuale sono i risultati della BMD del FN, presentati dallo studio di Gianoudis et al. (34), svolto su 162 anziani con un'età media di 67 anni; e di Allison et al. (31), svolto su 35 uomini di 69.9 ± 4.0 anni; entrambi con 12 mesi di programmazione.

Gli studi sopraesposti hanno presentato rispettivamente miglioramenti del (+1%, $p < 0.05$)(34) all'interno del gruppo di controllo; e (+0.7%)(31) nella gamba EL rispetto alla CL con ($p < 0.05$) tra i 2 gruppi.

Risultati contrastanti vengono dallo studio di Whiteford et al. (33), dove nella popolazione formata da 143 uomini, la aBMD non ha presentato miglioramenti significativi nel gruppo di intervento; mentre negli studi di Harding et al. (29) e

Huovinen et al. (32), è stata la vBMD a non presentare cambiamenti significativi nel IG.

La BMC (bone mineral content), negli studi considerati (29,30), non è migliorata.

Per quanto riguarda l'anca sono stati analizzati lo studio di Whiteford et al. (33), di Harding et al. (29) e Allison et al. (31).

Nel grafico sottostante è stato possibile confrontare i risultati della aBMD del gruppo di intervento dello studio di Whiteford et al. (33) che si è sottoposto ad un allenamento della forza ad alta intensità, e del gruppo di controllo che ha svolto un'attività fisica a bassa intensità.

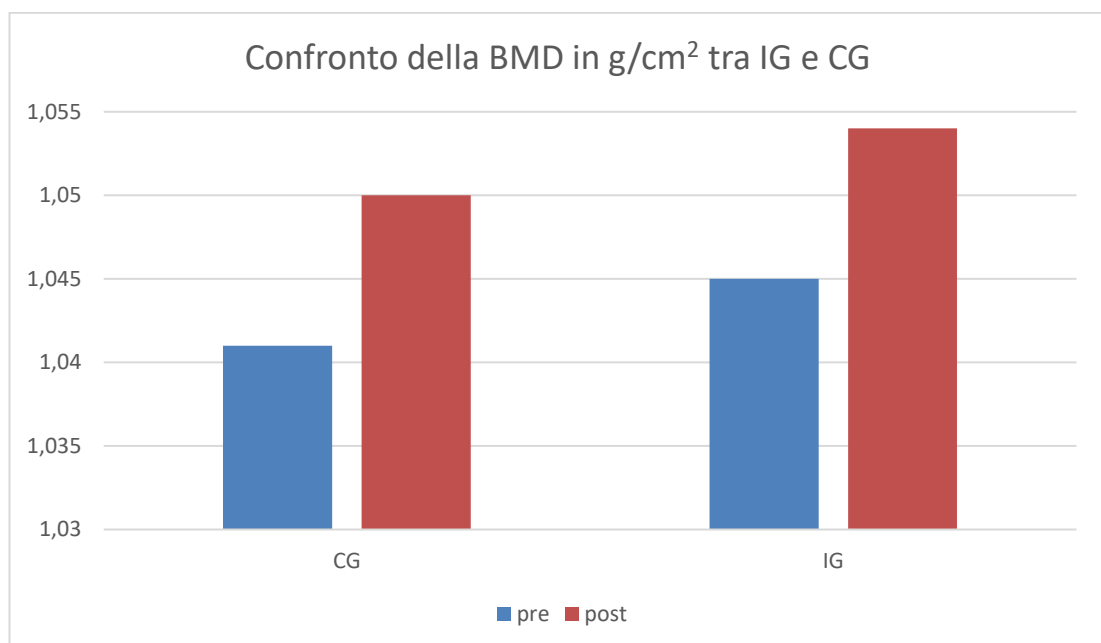


Grafico 7. Confronto della aBMD in g/cm² tra il gruppo di intervento (IG) e il gruppo di controllo (CG) dello studio di Whiteford et al. (33), prima e dopo il periodo di durata dello studio.

Nel grafico 7 possiamo notare come entrambe i gruppi di allenamento, sia a bassa intensità che ad alta intensità, hanno ottenuto miglioramenti significativi al follow-up rispetto agli inizi ($p < 0.05$), rispettivamente IG (da 1.045 ± 0.161 g/cm² a 1.054 ± 0.157 g/cm²) e CG (da 1.041 ± 0.142 g/cm² a 1.050 ± 0.133 g/cm²) (33).

Risultati contrastanti derivano dagli studi di Harding et al. (29), di Allison et al. (31) e di Gianoudis et al. (34) dove i gruppi che si sono sottoposti ai programmi HiRIT, IAC (29), EL (31) e Osteo-cise (34); non hanno ottenuto miglioramenti significativi

nella BMD dell'anca, tra l'inizio e la fine dei programmi e rispetto ai gruppi di controllo.

Nemmeno la BMC negli studi di Harding et al. (29) e Allison et al. (31) nei relativi gruppi IG, ha presentato risultati significativi.

Gli unici studi che trattano degli effetti dell'allenamento sul *rachide lombare* sono 2 (30,34) e l'unico indicatore rappresentato in questi studi è la aBMD.

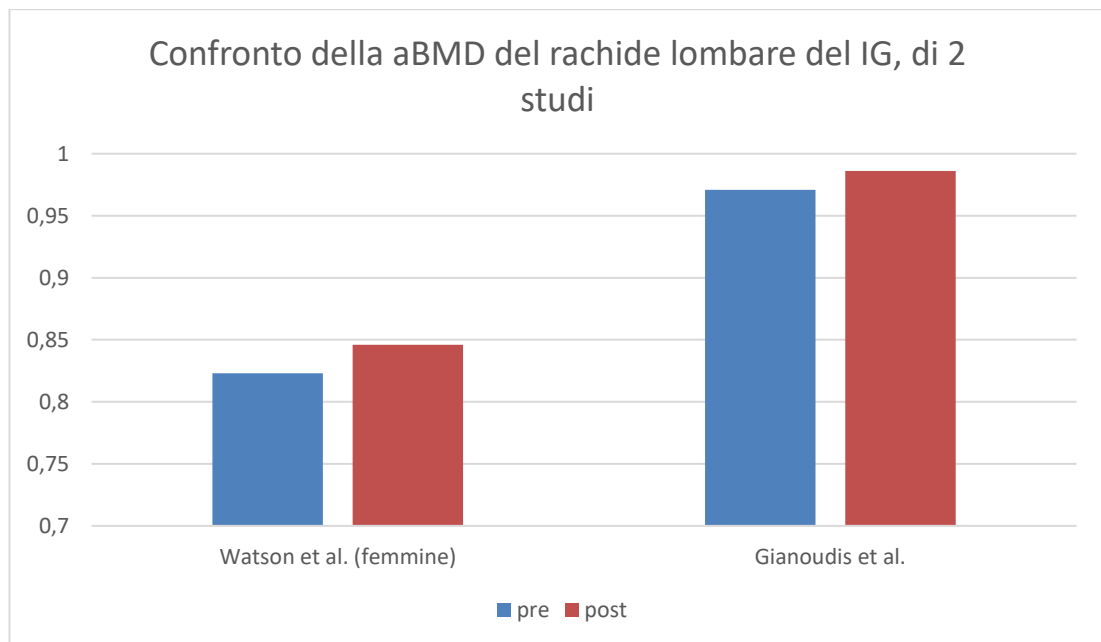


Grafico 8. Confronto della aBMD media del rachide lombare in g/cm² dei gruppi di intervento degli studi di Watson et al. (30) e di Gianoudis et al. (34), tra prima e dopo.

Dal grafico soprastante si può notare come i 2 gruppi di intervento di entrambe gli studi, di Watson et al. (30) e di Gianoudis et al. (34), hanno ottenuto risultati significativi, rispettivamente da 0.823 ± 0.108 g/cm² a 0.846 ± 0.116 g/cm² ($p < 0.05$) e 0.971 ± 0.135 con aumento del +1.5% (da 0.8 a 2.0) ($p < 0.001$).

Tuttavia risulta necessario precisare che i valori di partenza della aBMD di molto superiori dello studio di Gianoudis et al. (34), potrebbero essere stati influenzati da una popolazione sia maschile che femminile rispetto allo studio di Watson et al. (30), con popolazione esclusivamente femminile.

4.3.4 Breve confronto con attività fisica aerobica

L'unico articolo preso in considerazione per fare questo confronto sono le revisioni della letteratura di Benedetti et al. (35) e McMillan et al. (36). Entrambe gli studi analizzati sono concordi sul fatto che la sola camminata non porti miglioramenti alla BMD, tuttavia sembra essere un efficace strumento per un suo mantenimento. Alcuni studi analizzati dalla revisione di Benedetti et al. (35), sembrano dimostrare che la camminata associata alla corsa, possa avere uno stress meccanico tale da indurre una risposta positiva nell'osso.

Data la scarsa letteratura disponibile non è stato possibile fare un confronto adeguato sul tema confrontandolo agli indicatori di risultato degli studi sull'allenamento della forza.

CAPITOLO 6 – DISCUSSIONE

La letteratura riguardante i benefici dell'attività fisica anaerobica nell'anziano presenta perlopiù pubblicazioni negli ultimi 6 anni.

Da questo si deduce che c'è ancora poca conoscenza sull'applicabilità e sugli effetti che può avere questa pratica in ambito clinico per le patologie prese in esame.

Tuttavia i risultati dei programmi di allenamento analizzati (7,8,22-25,29-31,33,34) sono stati molto incoraggianti, con risultati significativi nel miglioramento della prestazione fisica, della forza muscolare, della massa muscolare e della composizione ossea.

C'è da segnalare che sono stati molti i parametri che hanno influenzato i risultati dei singoli studi, quali: la durata della programmazione, gli esercizi utilizzati, la frequenza di allenamento e l'intensità.

Dagli studi riguardanti la sarcopenia emerge che l'allenamento anaerobico si è rivelato efficace nel miglioramento dell'handgrip strenght (7,8,22,24,25), del TUG test (7,21,23,25), del GS test (8,23-25) e della massa muscolare (7,22,24).

I risultati sopracitati hanno provato la reale efficacia dell'allenamento della forza sulla sarcopenia e la sua prevenzione. Tutto ciò è dimostrato anche dalle ricerche che sostengono che la maggior parte delle fibre muscolari che degenerano nell'anziano appartengono alla categoria di tipo II, ovvero le fibre muscolari più ipetrofiche ed in grado di erogare maggior forza e potenza; allenabili attraverso questa tipologia di programmi di allenamento.

Questi risultati incoraggianti ci permettono di capire quanto l'allenamento anaerobico migliori la forza funzionale, l'equilibrio, la postura, la capacità e la prestazione muscolare, permettendo così alla persona di essere maggiormente autonoma nello svolgere le attività di vita quotidiana.

Un'unica eccezione è costituita da uno studio (21), in cui la popolazione maschile ha ottenuto miglioramenti significativi nel GS test, mentre la popolazione femminile no. Ulteriori risultati contrastanti emergono nella metanalisi di Chen et al. (25) dove non si sono riscontrati miglioramenti della massa muscolare nel gruppo di intervento.

In entrambi gli studi sull'attività fisica aerobica (27,28) non è stato possibile confrontare gli indicatori di risultato con quelli degli studi sull'allenamento della

forza. Uno di questi studi (27) in particolare, ha evidenziato miglioramenti nella velocità di camminata e nell'aumento della massa muscolare della coscia.

Dai risultati ottenuti sull'osteoporosi possiamo notare come ci siano stati notevoli benefici sul miglioramento dello spessore corticale del FN (29,30), della BMD del FN (30,31,34), della BMC del FN (31), della BMD dell'anca (33) e della BMD del rachide lombare (30,34).

Una maggior quantità di letteratura ha mostrato risultati significativi che portano a pensare ad un'effettiva riduzione del rischio di frattura nei distretti sopralencati, a maggior ragione a carico del collo del femore; inoltre sembrerebbe che la maggior stimolazione all'osteogenesi di un determinato distretto osseo dipenda, oltre che dall'intensità, anche dalla tipologia di esercizio che, biomeccanicamente va a sollecitare e coinvolgere nel movimento quel distretto osseo specifico.

Gli studi che hanno presentato risultati contrastanti riguardano principalmente la BMC del FN (29,30), del BMD dell'anca (29,31,34) e nel BMC dell'anca (29,31).

Tutto ciò evidenzia i limiti delle relative programmazioni soprattutto sul miglioramento della BMD e della BMC dell'anca.

Pur essendosi dimostrata utile nel mantenimento della BMD, la camminata non si è dimostrata efficace nel rafforzamento dell'osso nell'osteoporosi (35,36), tuttavia fornire uno stimolo di maggior intensità attraverso la corsa, stimolerebbe maggiormente l'osteogenesi (35).

Quindi dal confronto tra le 2 diverse tipologie di attività fisica se ne deduce che, per il rafforzamento dell'osso e la stimolazione dell'osteogenesi, sia molto importante stimolare il corpo con l'esercizio fisico ad alta intensità sottoponendolo ad un importante stress meccanico.

Non è comunque possibile trarre delle conclusioni effettive dal confronto tra i 2 tipi di attività fisiche e i loro effetti in entrambe le patologie, vista la scarsa letteratura reperita sull'attività aerobica.

Occorre precisare che l'allenamento della forza non è privo di rischi e richiede un approccio ai carichi graduale ed una programmazione estremamente personalizzata sulle caratteristiche fisiche e morfologiche della persona, nonché la supervisione di un professionista del settore, che possa guidare ogni persona ad una pratica sicura.

Sulla base dei risultati riscontrati risulterebbe utile informare ed educare il personale infermieristico sugli effetti benefici dell'allenamento della forza, come forma di trattamento e di prevenzione di queste patologie.

L'infermiere si inserisce in questo contesto in quanto responsabile del diffondere il concetto di cultura della salute enunciato dall'articolo 7 del codice deontologico dell'infermiere, che riporta: *“L’Infermiere promuove la cultura della salute favorendo stili di vita sani e la tutela ambientale nell’ottica dei determinanti della salute, della riduzione delle disuguaglianze e progettando specifici interventi educativi e informativi a singoli, gruppi e collettività.”* (37).

BIBLIOGRAFIA

1. Libro di testo “Anatomia e Fisiologia” di Kenneth S.Saladin, Casa Editrice Piccin, Anno 2019.
2. Mukund K, Subramaniam S. Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med.* gennaio 2020;12(1):e1462.
3. Barnsley J, Buckland G, Chan PE, Ong A, Ramos AS, Baxter M, et al. Pathophysiology and treatment of osteoporosis: challenges for clinical practice in older people. *Aging Clin Exp Res.* aprile 2021;33(4):759–73.
4. Papadopoulou SK. Sarcopenia: A Contemporary Health Problem among Older Adult Populations. *Nutrients.* 1 maggio 2020;12(5):E1293.
5. Fragilità e Sarcopenia nell’anziano [Internet]. [citato 20 ottobre 2022]. Disponibile su: https://www.obesityday.org/usr_files/biblioteca/sarcopenia_anziano.pdf
6. Dhillon RJS, Hasni S. Pathogenesis and Management of Sarcopenia. *Clin Geriatr Med.* febbraio 2017;33(1):17–26.
7. Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A, Hult A, et al. Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Dir Assoc.* gennaio 2019;20(1):28–34.
8. Seo MW, Jung SW, Kim SW, Lee JM, Jung HC, Song JK. Effects of 16 Weeks of Resistance Training on Muscle Quality and Muscle Growth Factors in Older Adult Women with Sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health.* 23 giugno 2021;18(13):6762.
9. Batsis JA, Mackenzie TA, Lopez-Jimenez F, Bartels SJ. Sarcopenia, sarcopenic obesity, and functional impairments in older adults: National Health and Nutrition Examination Surveys 1999-2004. *Nutr Res.* dicembre 2015;35(12):1031–9.
10. Su Y, Hirayama K, Han TF, Izutsu M, Yuki M. Sarcopenia Prevalence and Risk Factors among Japanese Community Dwelling Older Adults Living in a Snow-Covered City According to EWGSOP2. *J Clin Med.* 28 febbraio 2019;8(3):E291.

11. Istituto Superiore di sanità [Internet]. [citato 22 ottobre 2022]. Disponibile su: (<https://www.epicentro.iss.it/focus/osteoporosi/osteoporosi>).
12. Liu J, Curtis EM, Cooper C, Harvey NC. State of the art in osteoporosis risk assessment and treatment. *J Endocrinol Invest.* ottobre 2019;42(10):1149–64.
13. Wang L, Yu W, Yin X, Cui L, Tang S, Jiang N, et al. Prevalence of Osteoporosis and Fracture in China: The China Osteoporosis Prevalence Study. *JAMA Netw Open.* 2 agosto 2021;4(8):e2121106.
14. Ministero della Salute [Internet]. [citato 22 ottobre 2022]. Disponibile su: <https://www.salute.gov.it/portale/donna/dettaglioContenutiDonna.jsp?area=Salute+donna&id=4491&menu=patologie#:~:text=In%20Italia%2C%20il%202023%25%20dell,e,aumento%20dell'aspettativa%20di%20vita>
15. Bijelic R, Milicevic S, Balaban J. Risk Factors for Osteoporosis in Postmenopausal Women. *Med Arch.* febbraio 2017;71(1):25–8.
16. Kanis JA, Cooper C, Rizzoli R, Reginster JY, Scientific Advisory Board of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis (ESCEO) and the Committees of Scientific Advisors and National Societies of the International Osteoporosis Foundation (IOF). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int.* gennaio 2019;30(1):3–44.
17. Radominski SC, Bernardo W, Paula AP de, Albergaria BH, Moreira C, Fernandes CE, et al. Brazilian guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis. *Rev Bras Reumatol Engl Ed.* 2017;57 Suppl 2:452–66.
18. Przewłócka K, Folwarski M, Kaźmierczak-Siedlecka K, Skonieczna-Żydecka K, Kaczor JJ. Gut-Muscle Axis Exists and May Affect Skeletal Muscle Adaptation to Training. *Nutrients.* 18 maggio 2020;12(5):E1451.
19. Mieszkowski J, Kochanowicz A, Piskorska E, Niespodziński B, Siódmiak J, Buśko K, et al. Serum levels of bone formation and resorption markers in relation to vitamin D status in professional gymnastics and physically active men during upper and lower body high-intensity exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 13 aprile 2021;18(1):29.

20. Libro di testo "Periodizzazione dell'allenamento sportivo" di Tudor Bompa e Carlo A. Buzzichelli, Casa Editrice Calzetti Mariucci, Anno 2017.
21. Aartolahti E, Lönnroos E, Hartikainen S, Häkkinen A. Long-term strength and balance training in prevention of decline in muscle strength and mobility in older adults. *Aging Clin Exp Res.* gennaio 2020;32(1):59–66.
22. Lichtenberg T, von Stengel S, Sieber C, Kemmler W. The Favorable Effects of a High-Intensity Resistance Training on Sarcopenia in Older Community-Dwelling Men with Osteosarcopenia: The Randomized Controlled FrOST Study. *Clin Interv Aging.* 2019;14:2173–86.
23. Lu L, Mao L, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y, Chen N. Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr.* 15 dicembre 2021;21(1):708.
24. Talar K, Hernández-Belmonte A, Vetrovsky T, Steffl M, Kałamacka E, Courel-Ibáñez J. Benefits of Resistance Training in Early and Late Stages of Frailty and Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *J Clin Med.* 12 aprile 2021;10(8):1630.
25. Chen N, He X, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y. Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur Rev Aging Phys Act.* 11 novembre 2021;18(1):23.
26. Rodrigues F, Domingos C, Monteiro D, Morouço P. A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. *Int J Environ Res Public Health.* 13 gennaio 2022;19(2):874.
27. Ozaki H, Nakagata T, Yoshihara T, Kitada T, Natsume T, Ishihara Y, et al. Effects of Progressive Walking and Stair-Climbing Training Program on Muscle Size and Strength of the Lower Body in Untrained Older Adults. *J Sports Sci Med.* 19 novembre 2019;18(4):722–8.
28. Brightwell CR, Markofski MM, Moro T, Fry CS, Porter C, Volpi E, et al. Moderate-intensity aerobic exercise improves skeletal muscle quality in older adults. *Transl Sports Med.* aprile 2019;2(3):109–19.

29. Harding AT, Weeks BK, Lambert C, Watson SL, Weis LJ, Beck BR. Effects of supervised high-intensity resistance and impact training or machine-based isometric training on regional bone geometry and strength in middle-aged and older men with low bone mass: The LIFTMOR-M semi-randomised controlled trial. *Bone*. luglio 2020;136:115362.
30. Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, Harding AT, Horan SA, Beck BR. High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women With Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial. *J Bone Miner Res*. febbraio 2018;33(2):211–20.
31. Allison SJ, Folland JP, Rennie WJ, Summers GD, Brooke-Wavell K. High impact exercise increased femoral neck bone mineral density in older men: a randomised unilateral intervention. *Bone*. aprile 2013;53(2):321–8.
32. Huovinen V, Ivaska KK, Kiviranta R, Bucci M, Lipponen H, Sandboge S, et al. Bone mineral density is increased after a 16-week resistance training intervention in elderly women with decreased muscle strength. *Eur J Endocrinol*. dicembre 2016;175(6):571–82.
33. Whiteford J, Ackland TR, Dhaliwal SS, James AP, Woodhouse JJ, Price R, et al. Effects of a 1-year randomized controlled trial of resistance training on lower limb bone and muscle structure and function in older men. *Osteoporos Int*. settembre 2010;21(9):1529–36.
34. Gianoudis J, Bailey CA, Ebeling PR, Nowson CA, Sanders KM, Hill K, et al. Effects of a targeted multimodal exercise program incorporating high-speed power training on falls and fracture risk factors in older adults: a community-based randomized controlled trial. *J Bone Miner Res*. gennaio 2014;29(1):182–91.
35. Benedetti MG, Furlini G, Zati A, Letizia Mauro G. The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. *BioMed Research International*. 23 dicembre 2018;2018:1–10.
36. McMillan LB, Zengin A, Ebeling PR, Scott D. Prescribing Physical Activity for the Prevention and Treatment of Osteoporosis in Older Adults. *Healthcare (Basel)*. 6 novembre 2017;5(4):E85.

37. Mangiacavalli B, Pulimeno AML, Mazzoleni B, Cicolini G, Cicia C, Draoli N, et al. A CURA DEL COMITATO CENTRALE FNOPI: :32.

ALLEGATI

Allegato 1

Titolo, autore e anno	Tipologia di studio	Campione	Obiettivo	Risultati principali
<p><i>Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial.</i></p> <p>Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A, Hult A, et al.</p> <p>2019</p>	RCT	Campione totale: 70 Gruppo di intervento: 36 Gruppo di controllo: 34	Valutare gli effetti di 10 settimane di Resistance Training sulla forza muscolare e la composizione corporea, di uomini e donne anziane	Risultati significativi per quanto riguarda il gruppo di intervento sull'handgrip strenght, il TUG test e la massa muscolare totale.

<p><i>Effects of 16 Weeks of Resistance Training on Muscle Quality and Muscle Growth Factors in Older Adult Women with Sarcopenia: A Randomized Controlled Trial.</i></p> <p>Seo MW, Jung SW, Kim SW, Lee JM, Jung HC, Song JK.</p> <p>2021</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 22 Gruppo di intervento: 12 Gruppo di controllo: 10</p>	<p>Valutare gli effetti di 16 settimane di Resistance Training in un gruppo di donne anziane, sulla forza muscolare e la composizione corporea.</p>	<p>Risultati rilevanti per quanto riguarda il gruppo di intervento sul GS test, Handgrip Strength e la massa muscolare totale.</p>
<p><i>Long-term strength and balance training in prevention of decline in muscle strength and mobility in older adults.</i></p> <p>Aartolahti E, Lönnroos E, Hartikainen S, Häkkinen A.</p> <p>2020</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 182 Gruppo di intervento: 130 Gruppo di controllo: 52</p>	<p>Valutare gli effetti della programmazione SBT in un periodo di 2.3 anni, sulla forza muscolare e funzionale.</p>	<p>L'unico indicatore di risultato significativo tra quelli valutati nei risultati è stato il TUG test.</p>

<p><i>The Favorable Effects of a High-Intensity Resistance Training on Sarcopenia in Older Community-Dwelling Men with Osteosarcopenia: The Randomized Controlled FrOST</i></p> <p>Lichtenberg T, von Stengel S, Sieber C, Kemmler W.</p> <p>2019</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 43 Gruppo di intervento: 21 Gruppo di controllo: 22</p>	<p>Determinare gli effetti del programma HI-RT di 28 settimane, metodologia efficace e poco costosa, su una popolazione di uomini anziani.</p>	<p>Sono stati riscontrati miglioramenti rilevanti nella massa muscolare e dell'Handgrip Strength nel IG.</p>
<p><i>Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis.</i></p> <p>Lu L, Mao L, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y, Chen N.</p> <p>2021</p>	<p>Revisione della letteratura con meta-analisi di RCT</p>	<p>Nessuno</p>	<p>Valutare attraverso la meta-analisi di 25 studi RCT, gli effetti dei programmi RT, WBVT e MT sulle performance muscolari dell'anziano.</p>	<p>Sono stati ottenuti miglioramenti importanti nei gruppi MT e RT per quanto riguarda il GS test, e in tutti e 3 i gruppi per quanto riguarda il TUG test.</p>

<p><i>Benefits of Resistance Training in Early and Late Stages of Frailty and Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies.</i></p> <p>Talar K, Hernández-Belmonte A, Vetrovsky T, Steffl M, Kalamacka E, Courel-Ibáñez J.</p> <p>2021</p>	<p>Revisione della letteratura con meta-analisi di RCT.</p>	<p>Nessuno.</p>	<p>Valutare, attraverso la meta-analisi di 25 RCT, l'efficacia del programma di allenamento anaerobico sulla composizione corporea e la prestazione muscolare della popolazione anziana.</p>	<p>Importanti risultati sono stati riscontrati nel miglioramento dell'Handgrip Strenght, della massa muscolare e della performance funzionale.</p>
<p><i>Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.</i></p> <p>Chen N, He X, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y.</p> <p>2021</p>	<p>Revisione della letteratura con meta-analisi di RCT.</p>	<p>Nessuno.</p>	<p>Analizzare attraverso la meta-analisi di 14 studi, gli effetti del programma di allenamento RT nell'anziano con sarcopenia, sulla performance e la massa muscolare.</p>	<p>Le evidenze analizzate riportano importanti miglioramenti dell'Handgrip Strenght, TUG test e del GS test; con scarsi risultati in termini di aumento della massa muscolare.</p>

<p><i>A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults.</i></p> <p>Rodrigues F, Domingos C, Monteiro D, Morouço P. 2022</p>	<p>Revisione della letteratura</p>	<p>Nessuno</p>	<p>Analisi della letteratura e Valutazione degli effetti dell'allenamento anaerobico sulle capacità fisiche dell'anziano.</p>	<p>La letteratura revisionata concorda sull'effetto positivo dell'allenamento ad alta intensità sulla riduzione delle cadute e del rischio di cadute.</p>
<p><i>Effects of Progressive Walking and Stair-Climbing Training Program on Muscle Size and Strength of the Lower Body in Untrained Older Adults.</i></p> <p>Ozaki H, Nakagata T, Yoshihara T, Kitada T, Natsume T, Ishihara Y, et al. 2019</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 15 Gruppo di intervento (W): 8 Gruppo di controllo (WS): 7</p>	<p>Valutare su una popolazione anziana, l'efficacia dei programmi aerobici di camminata (W) e camminata + salire le scale (WS), sul miglioramento delle performance e sulla massa muscolare.</p>	<p>Non vi sono stati miglioramenti che giustificano l'utilizzo di una programmazione piuttosto che l'altra. Miglioramenti significativi nell'aumento della massa muscolare della coscia in entrambi i gruppi.</p>

<p><i>Moderate-intensity aerobic exercise improves skeletal muscle quality in older adults.</i></p> <p>Brightwell CR, Markofski MM, Moro T, Fry CS, Porter C, Volpi E, et al.</p> <p>2019</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 23</p> <p>Gruppo di intervento: 12</p> <p>Gruppo di controllo: 11</p>	<p>Valutare l'efficacia del programma aerobico AET di 24 settimane, sulla massa muscolare e sulle capacità fisiche dell'anziano.</p>	<p>Sono stati riscontrati aumenti significativi della forza muscolare del quadricipite, tuttavia non sono stati riscontrati cambiamenti della massa muscolare.</p>
<p><i>Effects of supervised high-intensity resistance and impact training or machine-based isometric training on regional bone geometry and strength in middle-aged and older men with low bone mass: The LIFTMOR-M semi-randomised controlled trial.</i></p> <p>Harding AT, Weeks BK, Lambert C, Watson SL, Weis LJ, Beck BR.</p> <p>2020</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 93</p> <p>Gruppo HiRIT: 34</p> <p>Gruppo IAC: 33</p> <p>Gruppo di controllo: 26</p>	<p>Verificare l'efficacia delle programmazioni di allenamento anaerobico HiRIT e IAC, sulla composizione minerale ossea della popolazione anziana maschile.</p>	<p>Miglioramenti significativi sono stati riscontrati nello spessore corticale del collo del femore, nella BMD e nella BMC dell'anca.</p>

<p><i>High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women With Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial.</i></p> <p>Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, Harding AT, Horan SA, Beck BR. 2018</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 101 Gruppo di intervento: 49 Gruppo di controllo: 52</p>	<p>Determinare l'efficacia del programma di allenamento HiRIT sulla popolazione anziana femminile, per quanto riguarda il miglioramento dell'osteogenesi e della densità minerale ossea.</p>	<p>I risultati più rilevanti di questo metodo sono stati riscontrati in un miglioramento delle BMD del FN, del rachide lombare e dello spessore corticale del FN.</p>
<p><i>High impact exercise increased femoral neck bone mineral density in older men: a randomised unilateral intervention.</i></p> <p>Allison SJ, Folland JP, Rennie WJ, Summers GD, Brooke-Wavell K. 2013</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 50</p>	<p>Verificare le differenze sulla composizione ossea del programma di salto unilaterale tra la gamba che effettua i salti (EL) e la gamba di controllo (CL).</p>	<p>Sono stati individuati incoraggianti miglioramenti del BMD e BMC del collo del femore nella gamba EL. Contrastanti i risultati su BMD e BMC dell'anca.</p>

<p><i>Bone mineral density is increased after a 16-week resistance training intervention in elderly women with decreased muscle strength.</i></p> <p>Huovinen V, Ivaska KK, Kiviranta R, Bucci M, Lipponen H, Sandboge S, et al.</p> <p>2016</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 25 Gruppo di intervento: 19 Gruppo di controllo: 6</p>	<p>Analizzare l'efficacia di una programmazione di 16 settimane di allenamento ad alta intensità, sulla BMD e la riduzione del rischio di fratture; in una popolazione anziana femminile</p>	<p>La BMD dell'anca è aumentata in modo significativo grazie a questo programma, portando ad una riduzione del rischio di fratture.</p>
<p><i>Effects of a 1-year randomized controlled trial of resistance training on lower limb bone and muscle structure and function in older men.</i></p> <p>Whiteford J, Ackland TR, Dhaliwal SS, James AP, Woodhouse JJ, Price R, et al.</p> <p>2010</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 127 Gruppo di intervento: 61 Gruppo di controllo: 66</p>	<p>Determinare e confrontare l'efficacia del programma RT del gruppo di intervento, con l'attività fisica a bassa intensità del gruppo di controllo; nel cambiamento della composizione minerale ossea.</p>	<p>Sono stati riscontrati miglioramenti della BMD dell'anca in entrambi i gruppi di allenamento.</p>

<p><i>Effects of a targeted multimodal exercise program incorporating high-speed power training on falls and fracture risk factors in older adults: a community-based randomized controlled trial.</i></p> <p>Gianoudis J, Bailey CA, Ebeling PR, Nowson CA, Sanders KM, Hill K, et al.</p> <p>2014</p>	<p>RCT</p>	<p>Campione totale: 162 Gruppo di intervento: 81 Gruppo di controllo: 81</p>	<p>Verificare l'efficacia del metodo di allenamento ad alta intensità Osteo-cise sul miglioramento della composizione ossea dell'anziano.</p>	<p>Positivi ma poco significativi i miglioramenti della BMD del collo del femore e dell'anca in coloro che si sono sottoposti al programma Osteo-cise.</p>
<p><i>The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients.</i></p> <p>Benedetti MG, Furlini G, Zati A, Letizia Mauro G.</p> <p>2018</p>	<p>Revisione della letteratura</p>	<p>Nessuno</p>	<p>Valutare la tipologia di attività fisica più adatta a dare uno stimolo osteogenico, tra aerobica ed anaerobica.</p>	<p>La camminata si è rivelata utile ai fini del mantenimento della massa ossea, mentre l'attività fisica anaerobica con un forte stress meccanico vi influisce positivamente.</p>

<p><i>Prescribing Physical Activity for the Prevention and Treatment of Osteoporosis in Older Adults.</i></p> <p>McMillan LB, Zengin A, Ebeling PR, Scott D.</p> <p>2017</p>	<p>Revisione della letteratura</p>	<p>Nessuno</p>	<p>Esplorare la letteratura alla ricerca dell'influenza che hanno le diverse tipologia di attività fisica sull'osso.</p>	<p>L'allenamento anaerobico è stato dimostrato essere la metodologia più efficace per il mantenimento e il miglioramento della BMD del tessuto osseo.</p>
--	------------------------------------	----------------	--	---