

L'ATTIVITÀ MOTORIA NELLA PREVENZIONE DELL'OSTEOPOROSI

I. SANNICANDRO, M.S. POLIDORO
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELLE ATTIVITÀ MOTORIE E SPORTIVE, UNIVERSITÀ DI FOGGIA

RIASSUNTO

L'osteoporosi è una patologia a carico del tessuto osseo tra le più studiate.

Diverse ricerche hanno dimostrato come l'attività motoria possa rappresentare un mezzo efficace per prevenire questa patologia e come possa influire positivamente sulla densità minerale ossea.

In questo lavoro sono evidenziati alcuni studi svolti in merito a questo argomento, sottolineando le linee guida che potrebbero risultare utili alla strutturazione di un efficace protocollo per individui affetti da osteoporosi.

PAROLE CHIAVE

Osteoporosi, densità minerale ossea, attività fisica

SUMMARY

The most pathology studied is osteoporosis. Several tests have shown how the physical exercise can performance an useful precautionary measure for this pathology and how physical exercise can have a positive influence into bone mineral density. In this study, are listed some of most important treated studies concerning to this subject, let us coming to some conclusions for achieving an efficacious protocol for people affected from osteoporosis.

KEYWORDS

Osteoporosis, bone mineral density, physical activity

■ INTRODUZIONE

Il miglioramento della qualità della vita ottenuto grazie alla ricerca scientifica, ha consentito di prolungare significativamente le aspettative umane. Tale incremento quantitativo però, molto spesso si scontra con una ridotta qualità della vita soprattutto in età anziana, ponendo il soggetto dinanzi a condizioni patologiche fino a poco tempo prima trascurate.

La senilità è caratterizzata da diversi processi fisiologici che portano ad una involuzione progressiva di tutti gli organi ed apparati, tra questi l'osso è la struttura cinetica che più di tutto subisce l'effetto del tempo. La funzione principale dello scheletro è strutturale, fornendo sostegno e forma al corpo, costituendo una protezione per gli organi interni e consentendo, assieme al sistema neuro-muscolare, la locomozione. Questo apparato ha anche un ruolo secondario ma importante nell'omeostasi dei componenti del minerale osseo, svolgendo una funzione di serbatoio di riserva per gli ioni di calcio; le malattie metaboliche dell'osso possono compromettere tutte queste funzioni. La struttura istologica dell'osso è composta da ma-

trice, sali minerali e cellule; nel tessuto osseo maturo, si svolge un continuo processo di rimozione e di rinnovamento delle aree di osso senescente detto "rimodellamento osseo".

Durante la crescita, l'entità della deposizione del tessuto osseo supera la rimozione, e si verificano modificazioni di dimensione e di forma delle ossa. Nell'età avanzata il bilancio tra formazione e riassorbimento è rovesciato con prevalente perdita di tessuto osseo. Almeno la metà della densità minerale dell'osso viene acquisita durante gli anni dell'adolescenza che quindi diviene un periodo critico per ottimizzare le condizioni che concorrono alla corretta crescita scheletrica. Tuttavia, il raggiungimento del picco minerale dell'osso si presenta intorno alla terza decade, anche dopo che la crescita dell'osso è terminata (Recker et al. 1992). La massima formazione di tessuto osseo, pare si verifichi solo quando la nutrizione, l'attività fisica e la secrezione ormonale sono adeguate (Miller et al. 1991).

Vari fattori pare siano implicati in un processo fisiologico e progressivo di riduzione della densità ossea,

alcuni di questi non sono modificabili, altri sì; tra i primi si ricordano:

- Fattori genetici e familiarità (Kelly et al. 1990)
- Differenze razziali (Villa, Nelson, 1996)

Tra quelli modificabili si elencano:

- Nutrizione, numerosi studi rilevano che l'apporto di calcio può influenzare la velocità di accrescimento osseo. Alcune ricerche infatti, hanno evidenziato che bambini a cui venivano forniti supplementi di calcio alimentare mostravano una massa ossea maggiore rispetto a bambini nutriti senza dose supplementare di calcio (Johnston et al 1999)
- Fumo di sigaretta ed abuso di alcool
- Stato ormonale: L'attività endocrina è strettamente correlata alla densità ossea.
- Attività fisica: Molteplici studi hanno mostrato come bambini ed adulti attivi hanno una densità ossea maggiore del 5 – 10 % rispetto a coetanei sedentari (Slemenda et al. 1994)

► Cos'è l'osteoporosi

L'Osteoporosi è una malattia metabolica dell'osso caratterizzata da una riduzione della massa ossea e dal deterioramento della microarchitettura del tessuto osseo che provoca un aumento della fragilità ossea con conseguente aumento del rischio di frattura (Deal 1997). La riduzione della densità ossea, spesso giunge fino al punto di causare fratture in seguito ai traumi di minima entità che fanno parte delle comuni attività della vita quotidiana.

L'incidenza di questa patologia pare riguardi quasi 10 milioni di individui negli Stati Uniti (Dickerson et al. 2007).

Secondo alcuni studiosi (Asomaning et al. 2006), gli effetti dell'osteoporosi affligge 4-6 milioni (13%-18%) di donne bianche in post menopausa negli Stati Uniti. Nella maggior parte dei casi, l'osteoporosi ha un andamento subdolo, infatti la sua prima manifestazione spesso coincide con traumi ossei di lieve entità o nei casi più sfortunati con una frattura.

L'Osteoporosi è esprimibile in termini di densità minerale ossea (BMD), la valutazione della densità dell'osso può essere effettuata grazie a metodi sicuri e non invasivi. La Mineralometria ossea computerizzata (MOC) costituisce una delle metodiche più diffusa per la diagnosi dell'osteoporosi permettendo di misurare la BMD (Bone Mineral Density) ed esprimendo, sulla base di elaborazione dei dati, degli indici di riferimento. Il T score, valore che indica la differenza tra la densità minerale ossea del momento rispetto al cosiddetto picco di massa ossea, cioè la punta massima di densità ossea che un soggetto raggiunge durante la propria vita; lo Z score, valore che ci riferisce la differenza tra la BMD nel soggetto di riferimento rispetto alla BMD media per soggetti della stessa età.

L'assorbimento di raggi X a doppia energia (DXA) è una tecnica che evidenzia la capacità dei minerali dell'osso di attenuare il passaggio di fotoni attraverso il corpo, fornendo stime della densità minerale dell'osso. Il software utilizzato in tale misurazione,



analizza l'area ed il contenuto minerale delle ossa nelle regioni sottoposte a scansione. Per la regione sottoposta a scansione viene calcolata una densità minerale ossea relativa all'area stessa (misurata in g/cm²). Le regioni generalmente sottoposte a scansione per scopi clinici sono la zona lombare, il femore prossimale, l'avambraccio e l'intero organismo, mentre per la ricerca può essere valutata qualsiasi regione scheletrica (Marcus 2000).

In base a studi prospettici di osservazione, è stato stimato che ogni deviazione standard al di sotto del valore medio, età correlato, comporta, a lungo termine, un aumento di due o tre volte il rischio di frattura (Marcus 2000).

Molti ricercatori, ritengono però che nonostante la non invasività dei mezzi diagnostici attualmente utilizzati, essi in effetti offrono una misurazione limitata alla densità ossea e non alla forza di resistenza dell'osso stesso, quindi potrebbe essere utile per migliorare gli studi, strutturare degli strumenti che si rivolgano alla valutazione non solo della BMD e della BMC, ma che mirino anche alla valutazione della forza del tessuto analizzato (Arpinar et al. 2005).

L'OMS (Organizzazione Mondiale di Sanità) distingue l'Osteopenia una condizione caratterizzata da un T score compreso tra -1 e -2,5 dall'Osteoporosi (condizione caratterizzata da un T score inferiore a -2,5) dall'Osteoporosi stabilizzata (condizione caratterizzata da un T score inferiore a -2,5 con almeno una frattura osteoporotica.).

Dal punto di vista epidemiologico, è stato rilevato che una donna su due, oltre i 60 anni, è esposta a fratture dovute all'osteoporosi e che un uomo su tre è soggetto all'osteoporosi; inoltre, l'incidenza delle fratture del bacino eccede quella del cancro al seno, alla cervice e all'utero insieme. Le sedi tipiche delle fratture da osteoporosi sono le vertebre (del tratto dorso-lombare), il femore nella zona prossimale, il polso, l'omero e il bacino, ed altre meno frequenti.

Il fenomeno della caduta a terra è spesso associato alla frattura osteoporotica, per cui la relazione tra aumento dell'età, l'aumento del rischio di cadute e la riduzione della "resistenza meccanica" dell'osso, spiegano come la frattura aumenti con l'età.

Diversi lavori hanno analizzato e classificato fattori causali per l'osteoporosi, fino ad individuare dei fattori di rischio specifici per fratture osteoporotiche. L'obiettivo dello studio OFELY (Albrand et al. 2003) è stato quello di identificare i predittori indipendenti delle fratture associate all'osteoporosi nelle donne in post-menopausa.

Una coorte di 672 donne sane, in post-menopausa, d'età medi 59,1 anni, sono state seguite per 5,3±1,1

anni. Nel corso del follow-up, i ricercatori dell'INSERM (National Institute for Medical Research) e della Claude Bernard University di Lione (Francia) hanno osservato 81 fratture osteoporotiche, con una incidenza annuale di 21/1000 donne l'anno. Sono stati individuati 7 predittori indipendenti di fratture osteoporotiche:

1. Età uguale o superiore a 65 anni
2. Cadute in passato
3. BMD totale dell'anca minore o uguale a 0,76g/cm
4. Forza di presa sinistra inferiore o uguale a 0,60 bar
5. Storia materna di fratture
6. Ridotta attività fisica
7. Storia personale di fratture da fragilità

In questo studio, il peso corporeo, la perdita di peso, la perdita in altezza, il fumo, la coordinazione neuromuscolare (valutata da 3 test), la terapia di sostituzione ormonale, non sono risultati predittori indipendenti delle fratture da fragilità. Pertanto gli Autori consigliano di includere nella valutazione clinica del rischio di fratture osteoporotiche nella donna in post-menopausa:

- La qualità della struttura ossea (precedenti fratture da fragilità)
- Lo stile di vita (attività fisica)
- La funzione muscolare (la forza di presa)
- Le cadute
- L'età

In base a queste considerazioni, diventa utile citare un articolato studio eseguito da un gruppo di ricerca inglese (Kanis et al. 2007), che ha evidenziato come l'esclusiva misurazione della BMD non è un infallibile predittore di fratture osteoporotiche in uomini e donne, se non viene associato a valutazioni che prestano attenzione all'età e soprattutto ai diversi fattori di rischio indagati.

E' noto come l'attività fisica possa essere utile come mezzo di prevenzione dell'osteoporosi; in effetti, da un punto di vista biomeccanico, l'osso è stimolato da sollecitazioni specifiche, continue e che possano favorire la deposizione di Sali di calcio.

► Attività motoria e densità ossea

Già nel 1974, alcuni ricercatori (Dalen e Olsson) riportarono che uomini dai 50 ai 59 anni, praticanti running da 25 anni, presentavano una migliore densità ossea rispetto a soggetti dalle stesse caratteristiche ma sedentari. Da allora gli studi si sono susseguiti esplorando gli effetti che le diverse discipline sportive potessero sortire sull'osso. Ma qual è l'attività che più delle altre può ridurre le conseguenze da osteoporosi?

Un gruppo di ricerca giapponese (Nakatsuka et al. 1994) ha evidenziato come un'attività fisica moderata e di impatto, possa migliorare, su donne in postmenopausa, la densità ossea, per cui raccomanda di prostrarla per almeno 1 o 2 anni al fine di notare i primi risultati.

In una piccola città svedese (Kronhed, Moller 1998) invece, fu guidato un lavoro sperimentale finalizzato alla prevenzione di fratture osteoporotiche mediante l'attività fisica. Individui di età compresa tra 40 e 70 anni, si sottoposero ad una valutazione iniziale della BMD mediante DXA e sullo stile di vita indagato mediante un questionario. Per un anno, il gruppo di lavoro fu sottoposto per due volte a settimana ad un lavoro protratto per 60min. e basato sul miglioramento della forza muscolare, flessibilità, abilità di equilibrio e capacità aerobica; dall'analisi dei risultati, gli autori riferirono che un'attività fisica così svolta per un anno, può apportare importanti miglioramenti della BMD. Lo scopo di un ulteriore studio (Ryan et al. 2004), era confrontare gli effetti che un'attività motoria di resistenza protratta per 6 mesi può sortire sulla BMD di soggetti giovani (20-29 anni), rispetto a soggetti più anziani (65-74 anni). I risultati mostrarono come la percentuale di grasso si ridusse solo nel gruppo di giovani, la percentuale di massa magra aumentò in tutti, ma non cambiò significativamente nel gruppo di soggetti anziani; la forza, misurata mediante un test di piegamento su arti inferiori aumentò in tutti i gruppi; la BMD non aumentò dopo 6 mesi in alcun gruppo, minimi miglioramenti si notarono a livello del collo femorale nel gruppo di giovani uomini.

Un altro interessante lavoro ha associato la salute dell'osso alla quantità ed alla qualità dell'attività fisica svolta abitualmente da un gruppo di 172 giapponesi di età compresa tra i 65-83 anni (76 uomini, 96 donne). Fu misurato, ogni 24 ore per 1 anno, il numero di passi e l'intensità dell'attività fisica usando un accelerometro che può distinguere 11 livelli di attività fisica (espresse in METs). La misurazione della densità ossea fu stimata mediante tecnica ad ultrasuoni. I risultati hanno dimostrato come uomini, ma soprattutto le donne che hanno svolto un'attività inferiore a 6800 steps al giorno e 16' al giorno di moderata intensità, hanno rispettivamente una probabilità di 2.2-3.5 e 4.9-8.4 volte di subire fratture rispetto a chi ha svolto attività di >8,200 steps/day e >25'/day ad una intensità >3 METs. A seguito di questi risultati, gli autori suggeriscono che per conservare la salute del tessuto osseo, le persone anziane dovrebbero essere incoraggiate a svolgere attività fisica moderata e quotidiana, che non vada sotto i 7000 steps al gg con una durata minima di 15' al gg ad una intensità non

al di sotto di 3 METs. (Park et al. 2006)

Non è solo la quantità di passi ad influenzare la BMD, un altro valore importante per le modificazioni possibili della densità ossea, può essere la velocità di deambulazione; così come dimostra uno studio svolto in Giappone, della durata di 2 anni, che ha investigato l'associazione tra differenze di BMD e differenze di velocità nella pratica della deambulazione in 182 donne di età compresa tra 70 e 84 anni. La misurazione della densità minerale ossea avvenne tramite DXA, ed i risultati mostrarono come cambi di BMD erano associati a cambi di velocità di deambulazione abituale durante i 2 anni. A conclusione dello studio, gli autori (Kwon et al. 2007) notarono come la BMD era diminuita nel gruppo che ridusse la velocità della deambulazione

Si ritiene che il modellamento osseo sia strettamente dipendente dalle forze di trazione e di compressione che vengono ad agire su di esso, per cui l'attività motoria deve essere specifica, razionale e mirata, poiché se di intensità inferiore al 60% delle possibilità del soggetto pare non sortisca importanti effetti; se superiore al 75% può rappresentare un elemento di rischio di infortuni. Quindi l'intensità ideale si pone tra il 60 ed il 70%, inoltre l'attività motoria deve essere praticata con costanza per ottenere dei risultati positivi e per poterli conservare (Mariotto 1994).

Le fibre dell'osso si orientano in base ad una legge carico dipendente: orizzontali per effetto della compressione, verticali per effetto della trazione; un aumento o una riduzione dell'attività fisica, soprattutto caratterizzata da esercizi in catena cinetica chiusa ed in carico diretto, provoca cambiamenti strutturali a carico dell'osso, dei legamenti e dei tendini.

L'attività motoria sembra agire in vario modo sui tessuti dell'uomo:

- Attiva il processo di irrorazione profonda dei tessuti favorendo l'ossigenazione, la nutrizione e la rimozione dei cataboliti
- Stimola l'osso e le cartilagini guidando i fasci collagenei attraverso il carico e gli sforzi muscolari
- Incrementa la dinamica metabolica riducendo la produzione di osteoclasti che promuovono il riassorbimento osseo e i processi di "spongeotizzazione" dell'osso compatto, nonché la riduzione di trabecole ossee, che predispongono alle fratture che nell'anziano spesso segnano l'inizio di un processo degenerativo inarrestabile.

In letteratura esistono numerosi dati in merito a questo argomento, a volte contraddittori, a volte coerenti tra loro. Interessante è un lavoro durato 24 settimane (Humphries B et al. 2000), un gruppo di 64 donne di età compresa tra i 45 e i 65 anni fu casualmente

diviso in 4 sottogruppi:

- I sottogruppo, sottoposto ad allenamento con i pesi (n. 21)
- II sottogruppo, sottoposto a camminata (n. 20)
- III sottogruppo, sottoposto ad allenamento con i pesi e terapia ormonale (N. 14).
- IV sottogruppo, sottoposto a camminata e terapia ormonale (N. 9)

Tutti i soggetti si sono allenati per due volte la settimana, chi mediante camminata protratta per 50', chi con sovraccarichi ad una intensità compresa tra il 60 e il 90% di 1RM.

Le misurazioni effettuate includevano la massima forza isometrica della muscolatura del ginocchio, una ripetizione massimale sulla panca piana, una ripetizione massimale di squat, la valutazione isocinetica della forza dei lombari, la valutazione della densità ossea a livello lombare (L2-L4) e la quantità di osteocalcina presente nelle urine.

I risultati non hanno evidenziato, alla fine del training differenze significative tra i gruppi relativamente alla densità ossea.

I livelli di osteocalcina sono aumentati significativamente nel gruppo di camminata. I miglioramenti sulla forza massimale alla panca piana e allo squat sono risultati significativi nel I e nel II gruppo. I gruppi che si allenarono con i pesi, hanno inoltre incrementato la forza isocinetica di estensione del tronco.

In conclusione l'allenamento con i pesi di breve durata ed intensità elevata determina un effettivo miglio-

ramento della forza muscolare nelle donne di età compresa tra i 45 e i 65 anni.

In questo studio non si sono evidenziati dei miglioramenti sulla densità ossea a livello lombare.

Altro studio a cui si fa riferimento, pur non riportando in maniera dettagliata il protocollo applicato, è lo studio **EFOPS** (Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study) in cui sono state selezionate 137 in una condizione post-menopausale (da 1 a 8 anni) con osteopenia. All'interno di questo campione, 86 sono state assegnate al gruppo di lavoro, e 51 al gruppo di controllo. Il gruppo di lavoro ha partecipato a due settimane di allenamento collettivo ed a due settimane di allenamento individuale, il gruppo di controllo ha svolto vita sedentaria. Tutte le donne hanno associato supplementi di calcio e di vitamina D in base ad analisi nutrizionali personalizzate.

Dopo due anni la BDM nel tratto lombare della colonna vertebrale è aumentata di 0.7 ± 2.9 % nei soggetti praticanti attività motoria, mentre è diminuita di 2.3 ± 2.4 % nel gruppo di controllo. La BDM dell'anca è diminuita in entrambi i gruppi, ma in maniera più pronunciata nel gruppo di controllo (-1.7 ± 2.9 % contro -0.4 ± 2.5 %, rispettivamente). Inoltre i soggetti del gruppo di training hanno sviluppato una maggiore resistenza muscolare, meno dolore alla schiena e una migliore qualità della vita, mentre questi parametri sono rimasti invariati nel gruppo di controllo.

A conferma del fatto che per migliorare la densità ossea occorre una attività motoria prolungata, può



essere utile citare un lavoro apparso su una rivista di settore.

L'ipotesi da cui alcuni studiosi (Federici, Paesani 2004) sono partiti, è che il solo esercizio fisico, eseguito cinque volte la settimana con una intensità pari al 60-75% della frequenza cardiaca massima e protratto per sei mesi, possa influire positivamente sulla densità della massa ossea e sul mantenimento delle capacità funzionali (equilibrio, potenza aerobica, forza e mobilità articolare).

Al fine di avvalorare tale ipotesi, è stato condotto uno studio su due gruppi: uno di lavoro, composto da quattordici donne con osteoporosi, di età compresa tra 66 e 70 anni ed in post menopausa naturale da più di dieci anni; ed un gruppo di controllo, composto da cinque soggetti di sesso femminile con osteoporosi di età compresa tra 67 e 69 anni, anch'essi in menopausa naturale da un periodo di tempo superiore a dieci anni.

Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a:

- valutazione medica preliminare
- prove in palestra (test di Tinetti, test di Cooper, test di forza per arti superiori ed inferiori, test per valutare la mobilità articolare).

La programmazione settimanale per il gruppo di lavoro, era basata su una frequenza settimanale di cinque sedute con eventuale recupero attivo nel fine settimana. La durata prevista per ogni singola seduta era di 60 minuti per l'attività svolta in palestra e di 50 minuti per attività motoria svolta in piscina.

Durante le prime due settimane le sedute di lavoro hanno avuto una durata di 20-25 minuti.

La programmazione delle attività per i cinque giorni ha previsto:

- lunedì: esercizi per l'allenamento della forza e dell'equilibrio
- martedì: attività in acqua
- mercoledì: esercizi di mobilità articolare e/o educazione posturale
- giovedì: esercizi di allenamento della forza
- venerdì: attività di gruppo svolta per favorire la socializzazione.

Il gruppo di controllo, non ha svolto alcuna attività volta al miglioramento delle capacità succitate.

I risultati ottenuti dal gruppo di lavoro, in termini di densità ossea, non hanno mostrato variazioni rispetto alla valutazione svolta all'inizio del protocollo, mentre si è verificata una riduzione rilevante della consistenza ossea in tre soggetti su cinque del gruppo di controllo; riduzione compresa tra l'1,5 e il 2%. Negli altri due soggetti i valori rilevati hanno indicato una riduzione in termini percentuali inferiore o pari allo 0,6%.

Probabilmente i ricercatori si aspettavano un mi-

glioramento della densità ossea anche se, bisogna tenere conto di due aspetti fondamentali: il primo è il tempo relativamente breve intercorso tra una valutazione e l'altra (6 mesi) e il secondo è rappresentato dal margine di errore che può verificarsi durante la misurazione con apparecchiatura densitometrica (infatti, lo strumento che misura la massa ossea può, nella rilevazione, commettere errori di valutazione maggiori dell'1%).

(Federici, Paesani 2004)

Altro dato importante nasce dall'analisi di uno studio basato sul miglioramento della postura e la considerazione della sua incidenza sulla densità dell'osso.

Sebbene non sia causa di osteoporosi, la postura flessa può facilitare la comparsa di fratture vertebrali quando la struttura ossea è indebolita. Il mal allineamento del rachide infatti, altera il carico sui corpi vertebrali causando le deformazioni vertebrali tipiche.

Il fisiologico processo di invecchiamento può modificare l'allineamento posturale e provoca frequentemente la postura flessa (PF), che è caratterizzata da cifosi dorsale, da protrusione della testa e, nei casi più gravi, da flessione delle ginocchia.

In uno studio italiano sono state selezionate 67 donne di età compresa tra 68 e 93 anni con postura flessa, capaci di conservare stazione e eretta e di deambulare autonomamente, senza decadimento cognitivo (MMSE >24), senza significative alterazioni degli arti inferiori e del sistema nervoso centrale e controindicazioni cardio-circolatorie all'esercizio fisico.

Sulle partecipanti è stato eseguito un test iniziale ed un re-test a 12 mesi, nell'anno di lavoro è stato proposto un protocollo specifico per il miglioramento della postura flessa, conosciuto in letteratura come "Sinaki" (1995), che vede frequenza trisettimanale nei primi tre mesi e bisettimanale nei successivi.

Dopo 12 mesi, le donne che hanno avuto una alta partecipazione hanno presentato una significativa riduzione della postura flessa, inoltre c'è stato un aumento di forza in tutte le sedi considerate. Nel gruppo ad alta partecipazione si è evidenziato inoltre un aumento della densità ossea sia a livello del femore prossimale ($\pm 1\%$) che del rachide lombare (circa +3%), al contrario il gruppo con bassa partecipazione presentava una riduzione di circa il 2,5% della densità ossea a livello femorale e circa lo 0,5% a livello lombare. Del gruppo di lavoro, 43 pazienti avevano assunto una terapia farmacologica per l'osteoporosi regolarmente, 8 in modo discontinuo e 16 non avevano assunto alcuna terapia.

Non è stata rilevata alcuna differenza nelle rilevazioni di densità ossea tra il gruppo che ha assunto regolarmente la cura farmacologica e il gruppo non assiduo.



In conclusione, i risultati di questo lavoro confermano che il programma di esercizio fisico proposto, può migliorare l'allineamento posturale e le sue conseguenze, contribuendo a combattere l'indebolimento osseo sia a livello lombare che femorale; per ottenere questi effetti però, è necessaria una partecipazione costante e motivata (Fanfani, 2003).

Nella ricerca della differenza di effetti che possono sortire discipline diverse sulla BMD, è bene menzionare uno studio che ha confrontato sport aerobici che prevedono impatto con il suolo (jogging, aerobica, ginnastica, tennis) e sport di forza, eseguiti in scarico gravitazionale (nuoto, ciclismo, attività motoria alle macchine isotoniche). Una meta-analisi eseguita da alcuni studiosi, (Wallace, Cumming 2000) su lavori per donne in pre-menopausa (Età 14-44 anni), della durata di 6 fino a 36 mesi pone attenzione sulle differenze tra esercizio di impatto contro esercizio di non-impatto e la correlata perdita di densità ossea (I primi inclusero: aerobica ad alto impatto, allenamento nelle attività atletiche di salto; le attività di non-impatto inclusero: esercizi di allungamento e attività di resistenza alla forza eseguita con macchine isotoniche e con sovraccarichi.).

Gli studi, limitati a piccoli gruppi, rilevarono che i soggetti facenti parte del gruppo dedito alle attività di impatto, ebbero una riduzione del 1,5% nella perdita della densità ossea e i soggetti facenti parte del gruppo praticante attività di non-impatto ebbero una riduzione del 1,2% nella perdita di tessuto osseo.

In considerazione della differenza di risultati ottenuti con la pratica di attività antigravitarie rispetto alle attività di impatto, altro studio da citare, è quello di alcuni ricercatori inglesi, i quali hanno coinvolto 2296 uomini e 2914 donne (età variabile da 45 a 74 anni), reclutati in uno studio di coorte effettuato per indagare l'etiologia delle più importanti malattie croniche. Tutti i soggetti valutati, completarono dei questionari relativi all'esercizio fisico e si sottoposero ad esame ecografico dei calcagni (alterazioni ecografiche del calcagno si associano a bassa densità ossea e costituiscono un predittore di rischio di frattura del femore). Il tempo medio speso per attività ricreativa risultò di 9,8 ore a settimana per gli uomini e di 6,2 ore a settimana per le donne. Le attività vennero catalogate come prive di impatto fisico (ad es. nuoto), a basso impatto (ad es. bicicletta), a moderato impatto (ad es. camminare) e ad alto impatto (ad es. correre). Il 14 % degli uomini e il 9 % delle donne riferirono almeno una attività ad alto impatto fisico. In totale, coloro che riferirono di praticare una qualsiasi attività fisica ad alto impatto presentarono minori alterazioni ecografiche, mentre si notò una correlazione tra le

attività a basso-medio impatto e le alterazioni ecografiche del calcagno; pure se si può supporre che per il miglioramento della densità ossea sia necessaria una attività fisica intensa, deve essere attentamente considerato il rischio di cadute e della minor forza muscolare che caratterizzano l'età anziana (Rupert Jakes, 2001).

Infatti non bisogna dimenticare che esercizi maggiormente confacenti ad una fascia d'età anziana, come il nuoto od il ciclismo, non comportando alcuna fase d'impatto, hanno un effetto ben minore nei confronti del rimodellamento osseo (Bisciotti, 2006; Schaefferbecke, 2004; Hatori et al., 1993; Iwamoto et al., 1998)

► Vibrazioni e osteoporosi

In letteratura (Rubin et al. 2006) si ritiene spesso che l'utilizzo di vibrazioni possa essere un ottimo strumento sostitutivo dei farmaci utilizzati per contrastare la riduzione di BMD dovuta all'osteoporosi.

Infatti i trattamenti convenzionali, utilizzati per fronteggiare questa condizione patologica, sono quasi esclusivamente a base di farmaci. Un gruppo di ricercatori però (Dickerson et al. 2007), ritiene che la somministrazione di vibrazioni a bassa magnitudine possa avere un effetto osteogenico stimolando l'aumento della BMD grazie probabilmente ad effetti sull'aumento della velocità del flusso di sangue e su modificazioni della viscosità ematica, inoltre affermano gli autori, recentemente si può dimostrare come una stimolazione meccanica a bassa frequenza, può stimolare, a seguito dello stress fornito, la deposizione di Sali di calcio con conseguente aumento della densità ossea.

L'utilizzo di pedana vibratorie trova un largo uso nei vari ambiti delle scienze motorie grazie agli innumerevoli effetti dovuti a tali sollecitazioni, non sono ignoti i risultati sortiti dalle vibrazioni sul miglioramento della forza muscolare soprattutto se tale attività è associata a contrazioni isotoniche (Warman et al. 2002).

Note ricerche sugli astronauti, hanno dimostrato come sono diverse le modificazioni in cui essi incorrono a seguito di un viaggio nello spazio, quindi in assenza di gravità. Tra questi cambiamenti, i più studiati sono stati la disidratazione e la perdita di elettroliti, la riduzione di massa muscolare, anemia, riduzione delle risposte immunitarie, perdita di calcio e riduzione della massa ossea. In effetti, un gruppo di ricercatori (Hughes-Fulford et al. 1998), studiando i dati del 1973-1974 degli Skylabs, hanno notato come gli astronauti, in volo, manifestassero perdita di calcio e riduzione della densità del tessuto scheletrico, nonché aumento di cortisolo urinario, gli studiosi ritennero quindi che

questi tre fattori fossero strettamente collegati tra loro. Inoltre, dai dati raccolti su ratti durante un volo nello spazio, si notò come vi fossero modificazioni dell'attività dell'M-RNA e modificazioni dell'attività osteoblastica con relativi cambiamenti sulla densità ossea. Può essere interessante per la nostra materia supporre, come affermano gli autori, che l'attività antigravitaria possa portare ad una riduzione della BMD, e come la mancanza di stress meccanico dovuta ad alcune attività possa amplificare tale fenomeno e soprattutto come la stimolazione meccanica dell'osso possa stimolare l'aumento della BMD.

Già nel 1988 alcuni studiosi (Nokes e Thorne), analizzarono i risultati scaturiti da diverse ricerche in merito alla relazione possibile tra vibrazioni e densità ossea, sostenendo come fondamentale potesse essere l'applicazione di tale lavoro nella prevenzione e riduzione dell'osteoporosi post menopausa e come, l'avanzare della ricerca e della tecnologia, possano essere di aiuto nell'incremento della precisione non solo in ambito operativo, con la nascita di nuove pedane vibranti ma anche nella diagnostica clinica per la nascita di mezzi di misurazione sempre più precisi.

Vari studi (Cardinale, Ritteweger; 2006), convinti dell'utilità delle vibrazioni per l'aumento di BMD nei soggetti anziani, con conseguente riduzione dei rischi di subire fratture, hanno seguito una serie di lavori sperimentali sollecitando le ditte produttrici di tali attrezzature ad incrementare le ricerche che possano portare al miglioramento delle pedane vibratorie.

I dubbi da dissipare in questo ambito sono ancora diversi, ad esempio quale è la frequenza più adatta al miglioramento della densità ossea o meglio fino a quale intensità vibratoria e al di sotto della quale si dovrebbe lavorare (Christiansen, Silva 2006)?

Diversi ricercatori hanno studiato i miglioramenti che possono essere ottenuti sottoponendo dei gruppi di lavoro a vibrazioni meccaniche che possono essere differenziate per intensità, quest'ultimo valore è dato dalla frequenza e dalla ampiezza di oscillazione.

Un lavoro apparso su una rivista di settore, ha evidenziato un rapporto di ingegneria biomedica dell'Università di New York (Rubin et al. 2001), basato sulla somministrazione quotidiana di 20 minuti di vibrazioni ad animali di laboratorio, si è notato come la densità ossea del femore è aumentata di circa il 34,2% rispetto al gruppo di controllo.

Uno studio apparso su una rivista di settore (Torvinen et al. 2003), ha evidenziato gli effetti ottenuti da uno studio condotto su 56 volontari, (21 uomini e 35 donne di età compresa tra i 19 e 38 anni) distribuiti casualmente tra gruppo di lavoro e gruppo di controllo. Il gruppo di lavoro è stato sottoposto per 8 mesi a 4 minuti di vibrazioni su una piattaforma oscillante (4min. al gg per 3-5 volte a settimana) ad una frequenza di 25 fino a 4 Hz.

E' stato verificato che tale lavoro ha prodotto miglioramenti sulla forza nel salto, non ha però fornito miglioramenti dell'equilibrio, né della densità ossea misurata su vertebre lombari, femore e radio.



Come già accennato, il lavoro basato sulle Vibrazioni (WBV), è un nuovo tipo di esercizio studiato in maniera crescente per i vari effetti ottenuti sul corpo, una delle sue applicazioni più diffuse pare possa essere nella prevenzione di fratture da osteoporosi in soggetti fragili. Una ricerca (Gusi et al. 2006), ha comparato gli effetti prodotti da una pedana vibratoria costituita da un solo piatto vibrante che fornisce solo movimenti sussultori ed un altro strumento vibratorio costituita da due piatti che offrono vibrazioni anche ondulatorie. Gli effetti del primo attrezzo sono stati approfonditi in varie ricerche, più ignota secondo gli autori, sono i risultati ottenuti dall'utilizzo del secondo strumento. 28 donne in postmenopausa non allenate, sono state divise in due gruppi di lavoro, il primo sottoposto a pedana vibratoria con due piatti, e il resto del campione affidato al gruppo di walking. Ambo i programmi sperimentali si basarono su 3 sedute settimanali per 8 mesi. Ogni sessione vibratoria incluse 6 ripetizioni da 1 min (12.6 Hz in frequenza e 3 cm in ampiezza con 60 gradi di flessione di ginocchio) con 1 min di recupero tra le ripetizioni. Il gruppo di lavoro sottoposto a walking invece, camminava per 55 ed associava 5 minuti di stretching su sedute trisettimanali. Per le misurazioni, gli autori si servirono della DXA e riscontrarono che, dopo 8 mesi, la BMD a livello femorale aumentò entro il 4,3% in più nel gruppo sottoposto a WBV rispetto al gruppo praticante walking; la BMD lombare rimase inalterata in ambo i gruppi; l'equilibrio migliorò nel gruppo di WBV (29%) ma non nel gruppo di camminata.

Secondo alcuni studiosi (Gilsanz et al., 2006), l'incidenza dell'osteoporosi nell'anziano, può essere ridotta aumentando il picco di densità ossea durante la giovane età. Un campione di 48 giovani donne (15-20 anni) con bassa BMD e una storia di almeno una frattura, fu protagonista di una sperimentazione durata 12 mesi. La metà del gruppo, fu sottoposto a vibrazioni a basso livello (30 Hz, 0,3g) quotidianamente per 10 minuti, il resto del campione andò a costituire il gruppo di controllo. A seguito di tale lavoro, gli studiosi notarono come l'incremento di BMD nel gruppo sperimentale fu di 2,1% ($p=0,025$) a livello lombare, e di 3,4% ($p<0,001$) a livello femorale; il gruppo di controllo invece, vide un incremento negli stessi siti, rispettivamente dello 0,1% ($p=0,74$) e 1,1% ($p=0,14$), pare quindi che la somministrazione di vibrazioni a basso livello, abbia sortito anche in questo caso, dei positivi effetti sulla densità ossea e che possa essere effettivamente un valido aiuto di prevenzione per tale patologia nei soggetti anziani.

L'idea da cui partì un altro gruppo di ricercatori (Verschueren et al. 2004), derivò dalla possibilità che le

vibrazioni possano essere utilizzate come mezzo di prevenzione dell'osteoporosi, considerando la valenza dalle WBV sulla densità ossea. Un gruppo di 70 donne (58-74 anni) fu casualmente diviso in 3 gruppi, il primo (25 donne) sottoposto a esercizi statici e dinamici per gli arti inferiori su pedana vibrante (35-40 Hz, 2.28-5.09g), il secondo (22 donne) ad un lavoro di aumento della forza resistente per la muscolatura degli arti inferiori eseguito su leg extension e leg press passando da alte resistenze (8 RM) a basse resistenze (20 RM), ed il terzo andò a costituire il gruppo di controllo (23 donne) non sottoponendosi a lavoro. Le misurazioni vennero eseguite ogni 6 mesi, valutando la BMD iliaca mediante DXA e la misurazione della forza isometrica e dinamica mediante dinamometro. Dopo 24 mesi, i risultati fecero notare come il gruppo sottoposto a WBV migliorò la forza isometrica (+15%, $p<0,01$), la forza dinamica (+16% $p<0,01$) e la BMD aumentò di +0,93% ($p<0,05$). Nessun significativo cambiamento della densità ossea fu osservato nel secondo o nel terzo gruppo (rispettivamente -0,60% e -0,62%). Le conclusioni, secondo gli autori, portano a ritenere che le vibrazioni sono un ottimo mezzo per l'aumento della BMD anche in donne in postmenopausa.

Una ricerca durata un 1 anno (Rubin et al. 2004), sottopose 70 donne (da 3 a 8 anni in menopausa), ad un lavoro. Ogni giorno, metà del campione fu sottoposto per due volte a 10 minuti di vibrazioni a bassa magnitudine ($2,0 \text{ m/s}^2$) ma ad alta frequenza (accelerazioni 30 Hz), mentre l'altra metà stette in piedi per lo stesso tempo sulla stessa pedana ma non vibrante, come effetto placebo. La valutazione della BMD avvenne mediante DXA, a livello lombare e dell'anca ogni 3, 6 e 12 mesi. Anche se del campione in oggetto solo 56 donne terminarono il trattamento, i risultati dimostrarono come soprattutto a livello lombare si ottennero dei miglioramenti ($p = 0,004$) sul gruppo di vibrazioni. Dopo un anno infatti, la BMD femorale dei gruppi che terminarono il lavoro, si ridusse nel gruppo sottoposto a placebo mentre aumentò dello 0,04% nel gruppo di vibrazioni. I risultati di questo lavoro, secondo gli studiosi, mostrarono come un lavoro non invasivo e non farmacologico possa essere utilizzato per aumentare la densità ossea.

L'idea da cui partì un gruppo di ricercatori (Asomaning et al. 2006), fu che possa esistere relazione tra riduzione del Body Mass Index (BMI) e riduzione della BMD con conseguente diminuzione del rischio di insorgenza di osteoporosi e fratture correlate. Tra l'ottobre 1998 e settembre 2000, un'equipe medica misurò la BMD di donne di età compresa tra 58 e 84 anni, inoltre furono indagati altri fattori di rischio di

osteoporosi mediante un questionario. I ricercatori notarono come lo stato della BMI era inversamente proporzionale allo stato della BMD e come quindi, donne con basso BMI presentavano un più alto rischio di osteoporosi, inoltre nell'ambito delle misurazioni, gli studiosi rilevarono che il cambio di rischio osteoporosi è verificabile già dalla riduzione di una unità di BMI (corrispondente approssimativamente a 5-6 lb) e che il peso elevato possa influire negativamente sulle fratture osteoporotiche; quindi, consigliano gli autori, sarebbe fondamentale conservare un peso corporeo nella norma.

Un altro lavoro (Beck et al. 2006) durato 12 mesi, si basò sulla somministrazione di vibrazioni di 0,2g a 30 Hz per 2 ripetizioni per 10 min/gg; mediante DXA si valutò la BMD totale e femorale, in quest'ultimo sito, la densità aumentò di $2,03\pm 0,33\%$ ($p < 0,02$). Anche questi studiosi reputarono le vibrazioni un ottimo mezzo per incrementare la BMD (Lo studio fu condotto su 5 donne bianche in pre menopausa ma con una bassa densità minerale ossea).

■ CONCLUSIONI

L'attività motoria coinvolge tutti i distretti e organi del nostro corpo, migliorando la condizione generale creando una "abitudine" al movimento che dovrebbe accompagnarci durante il cammino di vita.

E' opportuno prendere in considerazione le caratteristiche di un protocollo ideale che pare possa essere utile ad incrementare la BMD.

In generale, l'attività fisica per soggetti anziani, dovrebbero essere aerobica di impatto (es. camminare per almeno 30-40 min.) con una frequenza di almeno 2 o 3 sedute settimanali, utile potrebbe essere integrare con un lavoro che miri all'aumento della forza resistente (i risultati migliori, pare si ottengano aumentando gradualmente i carichi e riducendo il numero di movimenti eseguiti per ogni serie) e che favorisca l'incremento della stimolazione meccanica data dall'impatto con il suolo, come ad esempio le vibrazioni a bassa frequenza su pedana vibratoria. Inoltre, l'attività dovrebbe essere fondata sul miglioramento dell'equilibrio e della deambulazione, quindi tutto ciò che può essere utile a migliorare il rendimento motorio del soggetto in tutte le attività quotidiane, riducendo il rischio di incorrere in cadute.

Comunque, se a causa di dolori, fratture e problemi osteo articolari che costringono alla immobilizzazione, il soggetto non può praticare attività motoria di impatto (running, camminata, vibrazioni, ecc.),

la ginnastica in acqua o water-walking può essere un valido palliativo anche se, sembra che le attività motorie svolte in assenza o deficit di forza di gravità non sortiscano come effetto l'aumento della densità minerale ossea dovuto alla stimolazione meccanica data appunto dall'impatto con il suolo; però, pare che le forze di trazione dovute alla contrazione muscolare ad opera delle strutture tendinee, possa influire positivamente sulla BMD. Inoltre, l'aumento del tono e della forza muscolare porteranno alla riduzione del carico sull'osso e sulle articolazioni, con conseguente riduzione del rischio di fratture, primo motivo di disabilità nella popolazione anziana.

Una considerazione speciale va posta sulla importanza che può avere la consapevolezza da parte del gruppo rispetto a ciò che sta eseguendo e rispetto all'importanza dei risultati che saranno ottenuti e come positivamente andranno a ripercuotersi nel quotidiano. Da non dimenticare è l'importanza di una continua assistenza mediante l'utilizzo di protezioni e sostegni in palestra che influiranno positivamente sulla esecuzione dell'attività svolta.

Dall'analisi dei risultati riportati nelle fonti bibliografiche consultate è possibile individuare una serie di attività motorie ed una serie di approcci metodologici in età adulta ed anziana in grado di poter prevenire successivi quadri patologici a carico della densità ossea.

Quali possono essere, pertanto, le tipologie di attività motorie in grado di contrastare il fenomeno patologico dell'osteoporosi?

Da quanto emerso in letteratura pare plausibile affermare che per ottenere un aumento della BMD in donne in post-menopausa la programmazione delle attività motorie in età adulta ed anziana dovrebbe presentare le seguenti caratteristiche:

- Una durata non inferiore a 6 mesi
- Frequenza non inferiore a 3 sedute settimanali
- Attività di impatto ricordando che l'adattamento dell'osso è specifico per il sito sottoposto alla stimolazione meccanica (corsa, camminata, ballo, attività motoria di gruppo svolta a carico naturale o con minimi sovraccarichi, ecc.)
- Ridurre la stimolazione meccanica negativa dovuta al mal allineamento posturale
- Sfruttare l'utilità della stimolazione meccanica fornita dalle vibrazioni
- Considerare le caratteristiche antropometriche, cronologiche, stato di salute del gruppo di lavoro, adeguando l'esercizio a tali caratteristiche e non solo alle esigenze della densità ossea.

Bibliografia

1. Albrand G, Munoz F, Sornary-Rendu E, DuBoeuf F, Delmas PD. "Independent predictors of all osteoporosis-related fractures in healthy postmenopausal women: the OFELY study." *Bone* 2003 Jan; 32 (1):78-85
2. Arpinar P, Simsek B, Sezgin OC, Birlik G, Korkusuz F. "Correlation between mechanical vibration analysis and dual energy X-ray absorptiometry (DXA) in the measurement of in vivo human tibial bone strength." *Technol Health Care*. 2005;13(2):107-13
3. Asomaning K, Bertone-Johnson ER, Nasca PC, Hooven F, Pekow PS. (Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts 02115, USA. kasomani@hsph.harvard.edu) "The association between body mass index and osteoporosis in patients referred for a bone mineral density examination." *J Womens Health (Larchmt)*. 2006 Nov;15(9):1028-34.
4. Beck BR, Kent K, Holloway L, Marcus R. (Griffith University, School of Physiotherapy and Exercise Science, Private Mail Bag 50, Gold Coast Mail Centre, Queensland, 9726, Australia. bbeck@griffith.edu.au) "Novel, high-frequency, low-strain mechanical loading for postmenopausal women with low bone mass: early findings." *J Bone Miner Metab*. 2006; 24 (6): 505-7
5. Cardinale M, Rittweger J. "Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction?" *J Br Menopause Soc*. 2006 Mar;12(1):12-8.
6. Cassarino S.A., Rocco A., Annino G., D'ottavio S., Foti C. "Attività fisica e osteoporosi: metodiche tradizionali ed innovative." *Coaching & Sport Science journal*. SSS 2005 1,2:4-8.
7. Christiansen BA, Silva MJ "The effect of varying magnitudes of whole-body vibration on several skeletal sites in mice." *Ann Biomed Eng*. 2006 Jul;34(7):1149-56. Epub 2006 Jun 20.
8. Dalen N., Olsson KE. "Bone mineral content and physical activity" *Acta-orthop. Scand*. 1974; 45(2): 170-174.
9. Deal CL. "Osteoporosis: prevention, diagnosis, and management." *Am J Med*. 1997 Jan 27;102(1A):35S-39S. Review.
10. Dickerson DA, Sander EA, Nauman EA. (Weldon School of Biomedical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, 47907, USA.) "Modeling the mechanical consequences of vibratory loading in the vertebral body: microscale effects." *Biomech Model Mechanobiol*. 2007 May 23;
11. Drinkwater BL, McCloy CH, "Research Lecture: Does physical activity play a role in preventing osteoporosis?" 1994 *Res.Q.Exerc.Sport* 65,197-206
12. EFOPS (Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study) IOF World Congress on Osteoporosis, Lisbona, 10-14 maggio 2002.
13. Fanfani E. Tesi di laurea in Fisioterapia Università degli studi di Firenze "Effetti dell'esercizio fisico sulla densità ossea" dal sito internet www.fisiobrian.it:2003
14. Federici A., Paesani S. "Ginnastica contro l'osteoporosi" da "Sport & Medicina" 2004;1:24-33
15. G.N.Bisciotti, "Attività fisica ed osteoporosi", *New Athletic Research in Science Sport*.195, 2006
16. Gilsanz V, Wren TA, Sanchez M, Dorey F, Judex S, Rubin C. (Department of Radiology, Childrens Hospital of Los Angeles, University of Southern California, Keck School of Medicine, Los Angeles, California 90027, USA. vgilsanz@chla.usc.edu) "Low-level, high-frequency mechanical signals enhance musculoskeletal development of young women with low BMD." *J Bone Miner Res*. 2006 Sep;21(9):1464-74
17. Hughes-Fulford M, Tjandrawinata R, Fitzgerald J, Gasuad K, Gilbertson V. (Laboratory of Cell Growth and Differentiation, Veteran's Administration Medical Center, San Francisco, CA, USA.) "Effects of microgravity on osteoblast growth." *Gravit Space Biol Bull*. 1998 May;11(2):51-60.
18. Humphries B., Newton RU, Bronks R, Marshall S, Mc Bride J, Triplett-McBride T, Hakkinen K, Kraemer WJ, Humphries N. "Effect of Exercise intensity on bone density, strength, and calcium turnover in older women" *Medicine and Science in sport exercise*, 2000 Jun; 32 (6): 1043-50
19. Johnston CC Jr, Miller JZ, Slemenda CW, Reister TK, Hui S, Christian JC, Peacock M. "Calcium supplementation and increases in bone mineral density in children." *N Engl J Med*. 1992 Jul 9;327(2):82-7.
20. Kanis JA, Oden A, Johnell O, Johansson H, De Laet C, Brown J, Burckhardt P, Cooper C, Christiansen C, Cummings S, Eisman JA, Fujiwara S, Gluer C, Goltzman D, Hans D, Krieg MA, La Croix A, McCloskey E, Mellstrom D, Melton LJ 3rd, Pols H, Reeve J, Sanders K, Schott AM, Silman A, Torgerson D, van Staa T, Watts NB, Yoshimura N. (WHO Collaborating Centre for Metabolic Bone Diseases, University of Sheffield Medical School, Beech Hill Road, Sheffield, S10 2RX, UK, wj.pontefract@shef.ac.uk) "The use of clinical risk factors enhances the performance of BMD in the prediction of hip and osteoporotic fractures in men and women" *Osteoporos Int*. 2007 Feb 24;
21. Kelley PJ, Eisman JA, Sambrook PN: "Interaction of genetic and environmental influences on peak bone density" *Osteoporosis Int*. 1990 Oct;1(1):56-60. Review.
22. Kronhed AC, Moller M (Primary Health Care Centre, Vadstena, Sweden) "Effects of physical exercise on bone mass, balance skill and aerobic capacity in women and men with low bone mineral density, after one year of training--a prospective study." *Scand J Med Sci Sports*. 1998 Oct;8(5 Pt 1):290-8.
23. Kwon J, Suzuki T, Yoshida H, Kim H, Yoshida Y, Iwasa H, Sugiura M, Furuna T. "Association between change in bone mineral density and decline in usual walking speed in elderly community-dwelling Japanese women during 2 years of follow-up" *Journal of the American Geriatrics Society*, Volume 55 Issue 2 Page 240 - February 2007
24. Marcus R. "Atlante di osteoporosi" Menarini 2000;1:3
25. Mariotti F. "Invecchiare con successo" SSS Roma, 1994.
26. Miller JZ, Slemenda CV, Meaney FJ, Reister TK, Hui S, Johnston CC. "The relationship of bone mineral density and anthropometric variables in healthy male and female children" *Bone Miner* 1991 Aug;14(2):137-52.
27. Moore G.E., Larry Duratine "Exercise management for person with chronic diseases and disabilities" Cap.34 222-229
28. Nakatsuka K, Kawakami H, Miki T. "Exercise and physical therapy in osteoporosis" *Nippon Rinsho*. 1994 Sep;52(9):2360-6.
29. Narcis Gusi (Faculty of Sports Sciences, University of Extremadura, Cáceres, Spain), Armando Raimundo (Department of Health and Welfare, University of Évora, Évora, Portugal), Alejo Leal (Unite of Traumatology, Hospital of Cáceres, Cáceres, Spain) "Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial" *BMC Musculoskeletal Disorders* 2006, 7:92
30. Nokes LD, Thorne GC. (Department of Mechanical and Manufacturing Systems Engineering, University of Wales Institute of Science and Technology, Cardiff), "Vibrations in orthopedics." *Crit Rev Biomed Eng*. 1988;15(4):309-49.
31. Orwoll ES, Ferrar J, Oviatt SK, McClung MR, Huntington K. "The relationship of swimming exercise to bone mass in men and women." *Arch Intern Med*. 1989 Oct;149(10):2197-200.
32. Park H, Togo F, Watanabe E, Yasunaga A, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y "Relationship of bone health to yearlong physical activity in older Japanese adults: cross-sectional data from the Nakanojo Study." *Osteoporos Int*. 2007 Mar;18(3):285-93. Epub 2006 Oct 24.
33. Pettersson U, Nordstrom P, Lorentzon R Sports Medicine Unit, Department of Orthopedics, University of Umea, S-901 85 Umea, Sweden "A comparison of bone mineral density

- and muscle strength in young male adults with different exercise level" *Calcif Tissue Int.* 1999 Jun;64(6):490-8
34. Recker RR, Davies KM, Hinders SM, Heaney RP, Stegman MR, Kimmel DB "Bone Gain in young adult women" *JAMA* 1992 Nov 4;268(17):2403-8.
 35. Roelants M., Delecluse C., Goris M., Verschueren S. "Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females" *International Journal of Sports Medicine* Jan 2004: Vol. 25 Issue 1, p. 1-5-5p
 36. Rubin C, Turner AS, Bain S, Mallinckrodt C, McLeod K. "Anabolic. Low mechanical signals strengthen long bones" *Nature* 2001 Aug 9; 412(6847):603-4
 37. Rubin C, Judex S, Qin YX. (Department of Biomedical Engineering, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-2580, USA. clinton.rubin@sunysb.edu) "Low-level mechanical signals and their potential as a non-pharmacological intervention for osteoporosis." *Age Ageing.* 2006 Sep;35 Suppl 2:ii32-ii36
 38. Rubin C, Pope M, Fritton JC, Magnusson M, Hansson T, McLeod K. (Department of Biomedical Engineering, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, NY 11794-2580, USA. clinton.rubin@sunysb.edu) "Transmissibility of 15-hertz to 35-hertz vibrations to the human hip and lumbar spine: determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis" *Spine.* 2003 Dec 1;28(23):2621-7
 39. Rubin C, Recker R, Cullen D, Ryaby J, McCabe J, McLeod K. (Department of Biomedical Engineering, State University of New York, Stony Brook, New York, USA. clinton.rubin@sunysb.edu) "Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety." *J Bone Miner Res.* 2004 Mar;19(3):343-51. Epub 2003 Dec 22.
 40. Rupert W Jakes, Kay-Tee Khaw, Nicholas E Day, Sheila Bingham, Ailsa Welch, Suzy Oakes, Robert Luben, Nicola Datzell, Jonathan Reeve, and Nicholas J Wareham "Patterns of physical activity and ultrasound attenuation by heel bone among Norfolk cohort of European Prospective Investigation of Cancer (EPIC Norfolk): population based study" *BMJ*, Jan 2001; 322: 140; doi:10.1136/bmj.322.7279.140
 41. Ryan AS, Ivey FM, Hurlbut DE, Martel GF, Lemmer JT, Sorkin JD, Metter EJ, Fleg JL, Hurley BF "Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women." *Scand J Med Sci Sports.* 2004 Feb;14(1):16-23
 42. Stenenda CW, Reister TK, Hui SL, Miller JZ, Christian JC, Johnston CC Jr "Influences on skeletal mineralization in children and adolescents: evidence for varying effects of sexual maturation and physical activity" *J Pediatr* 1994 Aug;125(2):201-7.
 43. Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R. (Musculoskeletal Research Laboratory, Veterans Affairs Medical Center, Palo Alto, California, USA) "Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrhic athletes" *J Bone Miner Res.* 1995 Apr;10(4):586-93.
 44. Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, Jarvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Nenonen A, Jarvinen TL, Paakkala T, Jarvinen M, Vuori I. "Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study." *J Bone Miner Res.* 2003 May; 18(5):876-84 Bone Research Group, UKK Institute, Tampere, Finland.
 45. Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, Swinnen S, Vanderschueren D, Boonen S. (Laboratory of Motor Control, Department of Kinesiology, Faculteit Lichamelijke Opvoeding en Kinesitherapie, Katholieke Universiteit, Leuven, Belgium.) "Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study." *J Bone Miner Res.* 2004 Mar;19(3):352-9. Epub 2003 Dec 22
 46. Villa ML, Nelson L: "Race, Ethnicity, and osteoporosis". 1996 In *Osteoporosis*. Edited by Marcus R, Feldman D, Kelsey J. San Diego: Academic Press:435-447
 47. Wallace BA, Cumming RG. "Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women." *Calcif Tissue Int.* 2000 Jul;67(1):10-8.
 48. Ward KA, Roberts SA, Adams JE, Mughal MZ. Clinical Radiology, Imaging Science and Biomedical Engineering, Stopford Building, University of Manchester, Oxford Road, Manchester M13 9PT, UK. kathryn.a.ward@manchester.ac.uk "Bone geometry and density in the skeleton of pre-pubertal gymnasts and school children" *Bone.* 2005 Jun;36(6):1012-8.
 49. Warman G, Humphries B, Purton J. Central Queensland University, Faculty of Arts, Health and Sciences, School of Health and Human Performance, Rockhampton, Australia. warmang@raven.cqu.edu.au "The effects of timing and application of vibration on muscular contractions" *Aviat Space Environ Med.* 2002 Feb;73(2):119-27.
 50. Schaefferbecke T. "Sport et ostéoporose: rôle de l'activité physique sur la masse osseuse." *Sport Med.* 166 : 16-18, 2004.
 51. Hatori M., Hasegawa A., Adachi H., Shinozaki A., Hayashi A., Hayashi R., Okano H., Mizunuma H., Murata K. "The effect of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women." *Calcific Tissue Int.* 52(6): 411-414, 1993.
 52. Iwamoto J., Takeda T., Otani T., Yabe Y. "Age-related changes in cortical bone in women: metacarpal bone mass measurement study." *J Orthop Sci.* 3(2): 90-94, 1998b.
 53. Iwamoto J., Takeda T., Otani T., Yabe Y. "Effect of increased physical activity on bone mineral density in postmenopausal osteoporotic women." *Keio J Med.* 47(3): 157-162, 1998a.

