

IL RUOLO DELL'ATTIVITÀ SPORTIVA NELLA PREVENZIONE DELL'OSTEOPOROSI: EVIDENZE SCIENTIFICHE A CONFRONTO

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

RIASSUNTO

Con l'invecchiamento, tutti i tessuti subiscono un processo di cambiamento. Il tessuto osseo tende progressivamente a perdere la sua densità. Pare che l'attività sportiva precoce possa contrastare tale processo. In questo lavoro si elencano alcuni studi presenti in letteratura, che individuano una significativa relazione tra sport e densità minerale ossea.

PAROLE CHIAVE

Densità minerale ossea, osteoporosi, attività fisica, sport

SUMMARY

With the aging, all the tissues suffer a process of change. The bone curtains progressively to lose his density. It seems that precocious sporting activity can oppose such process. In this research are listed some studies present in literature, that they individualize relationship between sport and bone mineral density.

KEYWORDS

Bone mineral density, osteoporosis, physical activity, sport

■ INTRODUZIONE.

Il tessuto osseo è l'elemento anatomico che costituisce l'apparato scheletrico, la sua struttura istologica è composta da matrice, Sali minerali e cellule.

Nel tessuto osseo maturo si svolge un continuo processo detto *rimodellamento osseo*, di continua rimozione e rinnovamento del tessuto stesso, provocando modificazioni strutturali e della forma dell'apparato scheletrico.

In giovane età, il processo di deposizione supera quello di demolizione, questo garantisce la crescita dello scheletro; 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 formazione massimale di tessuto osseo si verifica solo quando la nutrizione, l'attività fisica e la secrezione ormonale sono adeguate (Miller et al. 1991) Nell'età avanzata invece, il bilancio tra formazione e riassorbimento è rovesciato con prevalente perdita di tessuto osseo.

L'apparato scheletrico è l'elemento strutturale del corpo umano, fornendo sostegno e garantendo protezione a tutti gli organi vitali. Grazie alle sue caratteristiche, lo scheletro, si rende responsabile assieme a quello muscolo-tendineo ed articolare, del movimento in generale e della locomozione.

Una delle condizioni patologiche a carico del tessuto osseo maggiormente studiate a causa della sua incidenza soprattutto in donne in post menopausa, ma anche in uomini in età senile, è l'Osteoporosi.

L'osteoporosi è una malattia scheletrica sistemica caratterizzata da una riduzione della massa ossea e da un'alterazione della microarchitettura del tessuto osseo, con conseguente aumento della fragilità ossea e del rischio di frattura.

La misurazione della densità minerale ossea (BMD), può avvenire grazie a diversi mezzi diagnostici.

Un gran numero di tecniche sono disponibili per la diagnosi di osteoporosi, tutte, ad eccezione della radiologia convenzionale, forniscono una stima della massa ossea; alcune (ultrasonografica) richiedono ancora una convalida, altre (attivazione neutronica, RMN) sono ancora confinate alla ricerca.

Tra le più diffuse si ricordano la SPA, SXA o densitometria singola a raggio fotonico o a raggio X;

DPA o densitometria a doppio raggio fotonico; DXA o densitometria a doppio raggio X; TC o tomografia computerizzata; t pTC tomografia periferica computerizzata; RMN o risonanza magnetica nucleare.

La DXA viene oggi ritenuta la tecnica più affidabile, tutte hanno comunque buona accuratezza diagnostica e precisione, ma l'abilità dell'operatore è il pre-requisito essenziale per sfruttare completamente le potenzialità dei vari strumenti. La conoscenza dei limiti permette una corretta interpretazione dei risultati.

I valori di riferimento espressi dai vari strumenti diagnostici sono il "T" e "Z" score, espressi come unità di deviazioni standard (SD). Il numero di T-score indica di quante SD si discosta la densità minerale del paziente da quella dei soggetti giovani e sani dello stesso sesso, cioè dal picco di massa ossea; il T-score fornisce pertanto una stima reale della fragilità dello scheletro.

Lo Z-score indica le variazioni della massa ossea rispetto a quella di soggetti della stessa età.

Nei più anziani una grave riduzione del patrimonio scheletrico può apparire modesta se espressa in Z-score.

Diverse sono le possibili attività non farmacologiche consigliate per fronteggiare questo tipo di condizione patologica. Una di queste è l'attività motoria che pare sortisca effetti positivi sulla BMD anche se intrapresa in età adulta o anziana; comunque una molteplicità di studi, hanno riscontrato i più importanti benefici se l'attività fisica inizia ad essere proposta in giovane età, momento in cui si raggiunge il picco di deposizione di Sali di calcio e periodo in cui l'attività osteoblastica (gli osteoblasti sono cellule del tessuto osseo deputate alla deposizione di matrice ossea), pare essere più proficua.

Ma quali sono gli effetti che l'attività fisica può avere sull'osso? Che tipo di attività motoria può essere consigliata in giovane età per favorire la deposizione di tessuto osseo? Quali caratteristiche dovrebbe avere l'attività motoria atta a prevenire l'osteoporosi?

■ SPORT E OSTEOPOROSI.

Pur se le evidenze scientifiche riportano maggiormente gli effetti di protocolli di attività motoria destinata all'età adulta ed anziana, l'efficacia dell'attività sportiva, sembra essere più evidente se lo stile di vita basato sulla pratica sportiva inizia nei primi anni di vita ed in giovane età.

C'è oggi un fiorire di iniziative e proposte che considerano l'attività motoria mezzo utile alla prevenzione o come strumento atto a limitare l'evoluzione dell'osteoporosi. Non dimentichiamo infatti che nonostante l'efficacia della pratica motoria sulla BMD di soggetti

di tutte le età, i risultati migliori si ottengono grazie alla precoce pratica sportiva.

A questo proposito diventa importante citare alcuni studi che hanno posto in evidenza la relazione esistente tra una disciplina sportiva specifica, l'età in cui si inizia a praticare sport, la quantità e la qualità ossea considerata in diversi siti di repere.

Nel 1989, un gruppo di ricercatori (Orwoll et al. 1989), confrontò la densità ossea di un campione di donne praticanti nuoto e quella di un gruppo di controllo non praticanti sport, ottenendo come risultato nessuna differenza significativa tra i due gruppi. Varie altre ricerche sostengono infatti che i nuotatori, svolgendo attività in assenza di carico, non ottengono miglioramenti sulla densità ossea; così come, secondo vari altri studi, nessuna attività che prevede assenza di carico va ad aumentare la densità ossea ed in alcuni casi, può addirittura ridurla.

Numerosi lavori dimostrano come già in giovane età siano evidenti le differenze di densità minerale ossea tra soggetti sportivi e non, soprattutto in chi pratica attività sportiva di impatto.

Uno studio di settore, (Witzke, Snow; 1999) cercò una correlazione tra le misure antropometriche e le performance espresso da un gruppo di 54 adolescenti (14.6 ± 0.5 anni; 22.7 ± 14.0 mesi dopo il menarca) e la BMD e BMC. Le valutazioni mostrarono come in questo gruppo di ragazze adolescenti, una maggiore massa magra e la forza in estensione della gamba erano correlate al maggior BMC e BMD a livello di tutto il corpo. Anche questa ricerca dimostra come un corpo più allenato sia meglio predisposto ad una maggiore BMD e BMC.

E' stata esaminata l'influenza di attività sportiva intensiva sulla densità minerale ossea in ragazze in età prepuberale e, sicuramente nel periodo di picco di acquisizione di massa ossea. Il campione utilizzato per questo studio era costituito da 41 ragazze sane praticanti attività motoria così distribuito:

- gruppo sperimentale
- 10 nuotatrici ($10,5$ anni $\pm 1,4$)
- 18 ginnaste ($10,4 \pm 1$,anni)

Queste ragazze praticavano attività sportiva di alto livello da 3 anni (8-12 h settimanali per le nuotatrici, 10-15h settimanali per le ginnaste)

- 13 ragazze ($10,7 \pm 1$ anni) come gruppo di controllo praticanti attività motoria per meno di 3 h la settimana.

Nessuna differenza rilevante caratterizzava i gruppi, per età, salute, altezza e composizione corporea.

La misurazione della densità ossea avvenne mediante DXA, e a seguito di tutte le rilevazioni, non fu riscontrata differenza significativa tra il gruppo di nuotatrici

e il gruppo di controllo. La BMD invece, era molto più alta nelle ginnaste che nel gruppo di controllo (Tot: +15,5 %, $p < 0,001$), a livello distale del femore (+33%, $p < 0,001$), a livello vertebrale di L2-L4 (+11%, $p < 0,05$), collo femorale (+15%, $p < 0,001$). Inoltre fu notato che lo stesso gruppo di atlete, presentava dei valori di densità e qualità ossea superiore alla media.

Gli autori conclusero che l'attività motoria in età prepuberale è fondamentale per una maggior acquisizione di densità ossea, ma solo se lo sport praticato prevede una stimolazione meccanica data dall'impatto con il suolo prodotto dalla forza di gravità (Courteix D et al. 1998).

Un altro importante studio ha confrontato la densità ossea di ginnasti con quella dei corridori (Robinson et al.;1995). I primi pare abbiano un impatto con il suolo espresso con una forza di 12 volte più grande rispetto al peso del proprio corpo, mentre la forza di reazione generata dai corridori, anche se su un numero di ripetizioni più elevato, sembra essere di 3-5 volte più elevato rispetto al proprio corpo.

Le rilevazioni hanno fatto constatare che la massa ossea, a livello della gamba e vertebrale, risulti essere circa 30-40% più alta nei ginnasti che nei corridori. Sembra pertanto incidere sulla densità ossea più l'intensità della forza applicata al suolo rispetto al numero



Giordano Bruno Anna

di passi effettuati a modesta intensità.

In considerazione di quali effetti possano sortire alcune discipline specifiche sulla BMD e BMC, può essere utile citare alcuni lavori presenti in letteratura.

Lo studio di alcuni ricercatori (Ward et al. ; 2005), ha ipotizzato come diverse possano essere le evoluzioni delle strutture ossee e muscolari in soggetti praticanti ginnastica un'età prepuberale. Furono paragonati 86 bambini in età prepuberale; il campione fu diviso in un gruppo di lavoro costituito da 44 ginnasti (età media 9.0 anni, 5.4-11.9 anni) e un gruppo di controllo costituito da 42 soggetti (età 8.8 anni, 5.6-11.9 anni) di pari caratteristiche ma non praticanti ginnastica. Si notò come l'attività sportiva indagata, forniva effetti positivi sulla geometria e sulla densità dell'osso, nonché sulla forza muscolare; queste differenze tra sportivi e non, erano presenti nelle ossa degli arti inferiori e non in altri distretti; quindi ancora una volta l'adattamento dell'osso all'attività fisica è evidente ma solo nei distretti coinvolti nell'impatto meccanico.

L'interesse che ha suscitato l'importanza della stimolazione meccanica ad opera di attività sportive di impatto nella deposizione di tessuto osseo, ha portato diversi ricercatori a confrontare l'efficacia di sport che fornivano una importante stimolazione meccanica e sport svolti in una condizione antigravitaria come in nuoto. Uno studio interessante ad opera di alcuni ricercatori (Taaffe et al.;1995), ha confrontato la densità ossea valutata mediante DXA, di un gruppo di ginnaste ($n = 13$), ed un gruppo di nuotatrici ($n = 26$), rispetto ad un gruppo di controllo (19 non atleti). Nei due gruppi di sportivi, la massa magra presentava le stesse quantità ed era maggiore della muscolatura presente nel gruppo di controllo; il primo gruppo inoltre, presentava una quantità di massa grassa inferiore rispetto agli altri suoi gruppi. Dal confronto dei dati, a della BMD lombare, non furono evidenziate differenze sostanziali tra i gruppi. La BMD femorale invece, era maggiore nel gruppo di ginnaste che negli altri due. Da notare comunque che le nuotatrici presentavano una BMD femorale maggiore rispetto alle non atlete, evidenziando ancora l'importanza di una stimolazione meccanica dovuta all'impatto data da attività motoria specifica.

In una ricerca (Laing et al.;2005), fu notato come un gruppo di donne ($n = 65$) in età prepuberale, prima di iniziare la pratica di ginnastiche artistiche, presentava una densità ossea più bassa rispetto ad un gruppo di controllo ($n = 78$). Dopo 2 anni di ginnastica, praticata dal primo gruppo, a fronte di alcuna pratica sportiva condotta dal secondo, fu riscontrato un accumulo significativamente più importante di minerale osseo nell'avambraccio e nell'area lombare.

Alle stesse considerazioni giunse un gruppo di ricercatori americani (Dowthwaite et al. 2006) che confrontò le qualità del tessuto osseo in diversi siti di un gruppo di ginnaste e di non ginnaste, notando una maggiore presenza minerale in tutti i distretti scheletrici del primo gruppo rispetto al secondo.

► Calcio

Un primo studio (Calbet et al. 2001), ha esaminato gli effetti che il calcio praticato per lungo periodo, può avere sulla BMD e sul contenuto minerale osseo (BMC). La valutazione, avvenuta mediante DXA, limitatamente ad un gruppo di lavoro costituito da 33 giovani calciatori portò alla conclusione che la partecipazione al football per un lungo periodo a partire da età prepuberale, può essere associata con BMC marcatamente maggiore nel corpo in toto e a livello del collo femorale e della zona lombare.

Lo scopo di un ulteriore lavoro (Vicente-Rodriguez et al.:2004) durato tre anni, fu di valutare gli effetti del calcio praticato dall'età pre puberale. Le valutazioni della BMC e della BMD fu eseguita con DXA. Inoltre furono indagate altre caratteristiche quali, il picco di forza concentrica e l'altezza di salto mediante salto con contromovimento su pedana di forza, corsa veloce su 30 metri, corsa sui 300 metri e massima potenza aerobica mediante test di Léger, versione shuttle. I risultati mostrarono come il soccer iniziato in età prepuberale, migliora il livello generale di fitness, migliora la BMD e BMC ed è utile a mantenere ridotta la percentuale di grasso.

Gli stessi studiosi (Vicente-Rodriguez et al.: 2003), studiarono 104 ragazzi (53 calciatori, 51 gruppo di controllo) bianchi sani di età compresa tra 9 e 10 anni che praticavano 3h di calcio a settimana ed un gruppo di controllo di ragazzi con stesse caratteristiche ma non praticanti alcuna attività. La BMC totale così come la BMD femorale e lombare risultò migliore nei primi che nei secondi.

Le conclusioni di un'altra ricerca (Soderman et al.:2000) su ragazze adolescenti praticanti calcio, dimostrarono come la BMD, la BMC e la forza dei muscoli della coscia mostrassero dei livelli maggiori rispetto a ragazze della stessa età, peso e statura, ma inattive; inoltre pare che questa differenza di valori andrebbe ad incrementarsi in tarda adolescenza.

Lo scopo di un altro studio di settore (Pettersson et al.:2000), era investigare l'influenza di due tipi diversi di attività di impatto, sulla forza muscolare, sulla composizione totale dell'osso, sulla sua densità minerale (BMD), nonché sul suo contenuto minerale (BMC). La ricerca, fu condotta su un campione di ragazze adolescenti, diviso in tre gruppi diversi. Il primo gruppo era

costituito da 10 donne (età 17.8 ± 0.8 anni) praticanti "rope-skipping" agonistico (specialità della ginnastica basato su saltelli della funicella) e che si allenavano per 6.7 ± 3.1 ore la settimana; il secondo gruppo, era costituito invece da 15 giocatori di calcio di sesso femminile (età 17.4 ± 0.8 anni), che si allenavano per 6.1 ± 2.0 ore la settimana; il gruppo di controllo invece, era formato da 25 soggetti (età 17.6 ± 0.8 anni) praticanti attività fisica aspecifica per 0.9 ± 1.1 ore la settimana. Gli elementi costitutivi dei 3 gruppi, presentavano stesse caratteristiche per età, altezza, e peso. La BMD (g/cm^2), BMC (g) furono valutati sul corpo in toto, zona lombare, femore, dialisi distale di femore e tibia, ed omero mediante DXA. Ambo i gruppi praticanti attività fisica, avevano una BMD significativamente più alta ($P < 0.05$) soprattutto nei siti sottoposti al carico meccanico dovuto allo sport, rispetto al gruppo di controllo. Comunque il gruppo praticante "rope-skipping" dimostrava una BMD più alta nella totalità del corpo, zona lombare, ed omero destro rispetto al gruppo di calciatori. In un'analisi incrociata fra tutti i soggetti ($n = 50$), gli studiosi si resero conto che i valori dell'osso nei diversi siti, erano fortemente associati alle caratteristiche della forza muscolare e alle caratteristiche antropometriche (l'altezza, peso, massa magra, massa grassa, ed indice di massa di corpo (BMI)). In conclusione, sembra, che nelle donne adolescenti, le attività ad alto impatto, è un fattore determinante per la densità di osso, e pare siano anche associate a modificazioni della geometria dell'osso (l'ampiezza) soprattutto nei distretti sottoposti a caricamento.

► Pallamano

Questo studio (Vicente-Rodriguez G et al. ,2004.) prende in esame l'effetto che la pallamano può avere sulla densità ossea. Condotta su 51 giovani donne (14.2 ± 0.4 anni) di cui 24 praticanti questo sport da \pm un anno, questa ricerca si avvale per la misurazione della BMD e della BMC, della DXA, inoltre furono indagate altre caratteristiche quali, la massima forza isometrica degli estensori del ginocchio in posizione squat, il picco di forza, la potenza media e l'altezza di salto misurata mediante squat jump su pedane di forza, test di velocità sui 30 metri, sui 300 metri e massima potenza aerobica mediante test di Léger, versione shuttle.

Le giocatrici di pallamano mostrarono una percentuale di massa magra maggiore (compresa tra 6% e 11%) rispetto al gruppo di controllo costituito da 27 donne di pari caratteristiche ma non praticanti attività sportiva supplementare rispetto a quella obbligatoria negli istituti scolastici. Le atlete inoltre, mostrarono BMD e BMC superiori.

► Rugby

Questo studio (Elloumi M et al. 2006) ha dimostrato che anche il rugby, se praticato per diverso tempo, può sortire positivi effetti su BMD e BMC. La densità e qualità ossea di 20 giocatori di età compresa tra 20 e 27 anni circa (10 avanti e 10 giocatori che rivestivano altri ruoli) praticanti questo sport da più di 13 anni, fu confrontata con la densità e qualità ossea di un gruppo di soggetti di pari caratteristiche ma sedentari. I risultati mostrarono come sia a livello femorale che dell'avambraccio, il BMD e BMC erano superiori alla media dei soggetti non sportivi.

► Aerobica

Uno studio di settore (Alfredson et al. 1997) confrontò la BMD e la BMC di un gruppo di 23 ragazze (età 24.1 ± 2.7 anni) praticanti aerobica per 3 ore settimanali e 23 ragazze di pari età, peso e altezza ma non praticanti attività fisica. I valori risultarono simili nei due gruppi a livello dell'omero, ma nella zona lombare e femorale, il gruppo di lavoro presentò una BMD e BMC nettamente superiori.

► Sci di fondo

Un altro interessante studio (Pettersson et al. 2000) comparò la BMD e la BMC totale, in un gruppo di 16 donne che in passato avevano praticato sci di fondo (cross-country) ed un gruppo di donne non attive di pari età peso e altezza. La valutazione della densità e qualità ossea è avvenuta mediante DXA ed ha mostrato come il gruppo di ex atlete avesse una percentuale più alta di BMD e BMC, nonché una percentuale maggiore di massa magra.

► Hockey sul ghiaccio

Come dimostrato da uno studio di un gruppo di ricercatori svedesi (Pettersson et al. 2000), tale disciplina sportiva, potrebbe migliorare la densità minerale ossea in diversi distretti del corpo. La BMD di 20 giocatori svedesi (23.4 ± 4.9 anni) di livello nazionale (10 ore di allenamento settimanale) fu confrontata con la densità ossea di soggetti dalle stesse caratteristiche (24.6 ± 2.3 anni) ma praticanti attività fisica moderata (3 ore la settimana). La BMD era significativamente più alta nel corpo in toto (8.1%), omero (11.4%), colonna vertebrale (12.7%), pelvi (12.4%), collo femorale (10.3%), femore (7.4%), tibia prossimale (9.8%), nel gruppo di atleti; la massa grassa invece, presentava livelli significativamente più bassi nel gruppo di atleti (18.7%).

Altro studio (Sandstrom et al. 2000) sull'Hockey che ha coinvolto in questo caso delle giocatrici di sesso femminile, ha evidenziato come la BMD di una gruppo

di giovani atlete, risultava essere nettamente superiore in tutti i distretti del corpo tranne la testa, rispetto al gruppo di controllo costituito da soggetti di uguali caratteristiche ma non praticanti attività sportiva.

► Pallavolo

Uno studio Americano (Alfredson et al. 1998) comparò la BMC e BMD del braccio di 11 giocatrici di pallavolo (età 22.0 ± 2.6 anni) che si allenavano approssimativamente per 8 ore la settimana, e 11 donne non praticanti attività motoria (24.6 ± 3.1 anni + / - SD) o comunque praticanti attività fisica saltuaria. Mediante DXA fu misurata la BMD e BMC omerale, a livello distale e prossimale. I risultati di confronto evidenziarono differenze nell'omero dell'arto superiore dominante tra i due gruppi, a favore delle pallavoliste. Contrariamente non furono evidenziate differenze nell'omero dell'arto non dominante.

Un altro studio (Alfredson et al. 1997) sul volley notò come la BMD e la BMC degli arti inferiori di giocatrici di pallavolo (età 20.9 ± 3.7 anni) di livello agonistico, fosse maggiore rispetto agli stessi indici valutati in donne non attive, probabilmente a seguito di ripetute stimolazioni meccaniche dovute ai ripetuti salti.

Un altro lavoro (Calbet et al. 1999) indagando la massa di tessuto osseo di atleti maschi praticanti attività sportiva ad alto impatto come la pallavolo, notò come questi manifestassero caratteristiche differenti rispetto ai non praticanti e soprattutto come l'attività asimmetrica di questo sport possa condurre a differenze nella BMD nei distretti corporei diversamente sollecitati. Fu studiato un gruppo di 15 giocatori maschi (26 ± 4 anni, 192 ± 6 cm, 87 ± 9 kg; ± SD) che si allenava per 3-6 gg la settimana. La BMD del braccio dominante (9%), risultò maggiore che nel braccio non dominante (7%), anche se nessuna differenza fu individuata nelle braccia dei soggetti del gruppo di controllo. Nella gamba sx del gruppo di lavoro fu verificata una maggiore BMC che nella gamba opposta (p<0.05); dalla valutazione della BMC e BMD delle gambe nel gruppo di controllo non furono evidenziate differenze evidenti.

► Tennis

Per determinare l'età in cui conviene iniziare a praticare tennis o squash al fine di ottenere valori significativi nella BMD, sono stati condotti molteplici studi che hanno come i risultati migliori si ottengano in giovani donne che iniziano a praticare tali attività sportive prima del menarca rispetto a chi inizia successivamente. (Kannus et al. 1995). Relativamente al tennis, un altro lavoro ha mostrato come i risultati migliori su BMD e BMC siano ottenuti su giovani atlete

che praticano attività più frequente e da più tempo (Haapasalo et al. 1998).

In questo studio di settore (Calbet et al. 1996) fu valutata la percentuale di massa magra e grassa, il contenuto minerale (BMC) del tessuto osseo totale e regionale mediante DXA in nove giocatori di tennis professionisti maschi (26 ± 6 anni, 77 ± 10 Kg 189 ± 6 cm.) e in 17 soggetti non attivi (24 ± 3 anni, 74 ± 9 Kg, 178 ± 6 cm). Nel gruppo di tennisti, la massa di tessuto del braccio (BMC + grasso + massa magra) era approssimativamente 20% più grande nel dominante, rispetto al braccio opposto (massa del braccio, 3772 ± 500 g contro 3148 ± 380 g, $P < 0.001$) così come la sola BMC (229.0 ± 43.5 g contro 188.2 ± 31.9 g, $P < 0.001$).

In contrasto, nessuna differenza significativa fu osservata in BMC o BMD tra braccio nel gruppo di controllo. La massa totale, la massa magra, e la BMC erano più grandi nel braccio dominante del gruppo di tennisti che nel gruppo di controllo (ogni $P < 0.05$). Nel primo gruppo inoltre, la BMD era simile in ambo le gambe mentre nei secondi, la BMD era più elevata nella gamba dominante. A livello lombare (L2-L4), la BMD, era del 15% più alta nel gruppo di tennisti che nel gruppo di controllo ($P < 0.05$). A conclusione di questa articolata ricerca, gli studiosi affermarono che la pratica del tennis è associata con una maggiore BMD lombare e a livello del collo femorale. Questi risultati possono avere implicazioni nell'ideare delle strategie di lavoro proponibili a giovani e adulti per prevenire o ritardare l'insorgenza di osteoporosi.

Una ricerca ad opera dello stesso gruppo di ricercatori (Kontulainen et al. 2002), ha confrontato giovani tenniste praticanti attività agonistica ed un gruppo di controllo costituito da soggetti dalle stesse caratteristiche. Il gruppo di lavoro fu ulteriormente diviso in due sottogruppi, il primo di tenniste praticanti questo sport da dopo il menarca e tenniste praticanti tennis da prima del menarca. I risultati ottenuti a seguito di valutazioni eseguite mediante DXA evidenziarono una maggiore BMD e BMC nel gruppo di tenniste del primo gruppo di lavoro rispetto al secondo gruppo, benché il secondo gruppo abbia dimostrato una densità e qualità ossea nettamente superiore rispetto alle non attive. A titolo esemplificativo, nell'arto superiore dominante, il primo gruppo aveva una BMD del 7% superiore rispetto al secondo gruppo di lavoro e del 14% maggiore rispetto al controllo. Benché il secondo gruppo di lavoro mostrasse una BMD del 6% superiore rispetto al controllo.

In una interessante ricerca (Haapasalo et al. 1996.), si è indagato un campione di 67 giocatori di tennis sani, agonisti (17 uomini di 25 ± 5 anni, 30 donne di $19 \pm$

3 anni, e 20 donne di età 43 ± 5 anni) e 57 soggetti sedentari (16 giovani uomini con età media di 25 ± 5 anni, 25 giovani donne con età di 21 ± 3 anni, e 16 donne con età media di 39 ± 6 anni) costituenti il gruppo di controllo. Tutti i giocatori praticavano tennis a livello agonistico da più di 4 anni. I tennisti più giovani (uomini e donne), avevano iniziato la loro carriera sportiva durante l'infanzia (gli uomini all'età di 10 ± 3 anni, le donne all'età di 9 ± 2 anni), mentre il gruppo di giocatrici più anziane, avevano iniziato l'attività sportiva in età adulta (29 ± 6 anni). Dal confronto dei valori ottenuti dai differenti gruppi, pare che il tennis praticato in maniera intensa per un lungo periodo, specialmente se si comincia a praticarlo in età infantile o adolescenziale, consente uno sviluppo della BMC, BMD e CWT omerale importante anche se, pare avere effetti ridotti sulla ampiezza e grandezza dell'osso stesso. Inoltre, sembra che le dinamiche di sviluppo non vedano differenze nei due sessi; questi valori diventano importanti se si considerano associati ad una maggiore robustezza e resistenza dell'omero, in considerazione di eventuali fratture traumatiche. Nei giocatori che hanno iniziato la pratica del tennis in età avanzata, pare non esistano le stesse differenze tra lato dominante e lato non dominante che sono state riscontrate nel gruppo precedente; anche se, i valori di densità e qualità ossea sono più alti che nel gruppo di controllo non sedentario. Questo lavoro suggerisce quindi che il meccanismo di caricamento osseo sortisce effetti in tutte le età, anche se maggiori risultati si ottengono quando la pratica sportiva intensa inizia in giovane età.

► **Attività motoria scolastica e densità ossea**

A seguito delle evidenze scientifiche considerate, l'osteoporosi è riducibile soprattutto grazie alla prevenzione, diffondendo quindi un'idea univoca sulla importanza che l'attività motoria precoce può avere sull'integrità fisica; non trascurabile è quindi l'attività fisica svolta durante le ore scolastiche curriculari, così come conferma uno studio recente condotto in America (Schneider et al. 2007), durato un semestre su un gruppo di studentesse che ha migliorato il livello di fitness generale grazie all'incremento della pratica di attività motoria finalizzata, e svolta nelle ore scolastiche.

Considerando l'attività motoria praticata in giovane età come strumento di prevenzione dell'osteoporosi tipica dell'età adulta ed anziana, si considera utile citare uno studio eseguito da un gruppo di lavoro finlandese (Rautava et al. 2007), basato su un follow-up durato 7 anni su 142 ragazze di età compresa tra 9 e 15 anni praticanti attività fisica. Dopo 7 anni di

lavoro è stato notato come l'attività fisica regolare possa portare ad un aumento della BMD che a livelli lombare è aumentata di 1,62g (3%) ($p=0.021$), inoltre è stato notato nell'ambito dello stesso studio come un decremento dell'attività motoria dopo 4 anni, corrisponda ad una ridotta BMD rispetto a chi continua a praticare movimento.

Caratteristiche simili ha avuto una ricerca ad opera di un gruppo di studiosi (Linden et al. 2006) su un campione di studentesse in età prepuberale (prima del menarca), durato 2 anni. L'intervento fu basato su un incremento di attività fisica scolastica e come tale lavoro possa influenzare positivamente tutte le caratteristiche fisiche del campione preso in esame compresa la BMD e la BMC. 49 ragazze di età compresa tra 7 e 9 anni che frequentavano una scuola primaria, furono sottoposte ad un aumento di attività motoria nelle ore curricolari per due anni (40 minuti per ogni lezione, fino a raggiungere i 200 minuti settimanali). 50 ragazze della stessa età e dalle stesse caratteristiche invece continuarono a praticare l'attività fisica prevista nelle scuole svedesi (60 minuti a settimana), rientrarono nello studio come gruppo di controllo. Il mezzo diagnostico per l'apparato scheletrico fu la DXA, le misurazioni avvenute prima dell'inizio del lavoro con il re-test eseguito dopo due anni, furono eseguite sul corpo in toto, a livello lombare, a livello del collo femorale e della gamba; inoltre fu valutata la percentuale di massa corporea (magra e grassa) e furono registrate altezza e peso.

I risultati mostrarono come il gruppo di lavoro, presentò un aumento di BMD e di BMC rispetto al gruppo di controllo, su tutti i distretti presi in considerazione. Il guadagno in BMC nei siti L2-L4, fu di 3.8% ($p 0.007$); nel sito L3 del 7.2% ($p < 0.001$); le ossa della gambe invece mostrarono una percentuale del 3% più elevata ($p 0.07$)

■ DALLA RICERCA ALLE CONSEGUENZE PER LA PRATICA MOTORIA

Alla luce delle evidenze scaturite da alcune dei numerosi studi presenti in letteratura, si potrebbero individuare dei parametri che potrebbero essere utili per programmare un coerente lavoro di ricerca.

Un lavoro di settore (Drinkwater 1994), ha preso in considerazione 5 punti fondamentali per lo sviluppo di uno studio di ricerca sull'attività fisica in generale ed alla relazione che essa può avere con condizioni patologiche ed involutive a carico del tessuto osseo:

- specificità dello studio
- sovraccarico
- adattabilità agli obiettivi
- valutazione iniziale

- risultati ottenuti

In considerazione di queste 5 caratteristiche di studio, applicate a ricerche sul metabolismo osseo, si può constatare che un protocollo di lavoro motorio sarà strutturato in base a:

- specificità nella misurazione della densità ossea
- sovraccarichi sulle strutture ossee e simulazioni di esso.

La valutazione iniziale dovrà prendere in considerazione il rapporto tra la densità ossea rilevata sul campione di riferimento, il sito corporeo in cui tali misurazioni vengono eseguite, e la media degli stessi valori ma riscontrabile su soggetti dalle stesse caratteristiche. Inoltre, si deve ricordare che a seguito delle prime importanti risposte di adattamento al lavoro, quelle ulteriori, saranno lente e di intensità inferiore.

Un altro aspetto limitante è costituito dall'omissione in letteratura dei carichi di lavoro ideali per ottenere utili risultati.

Fattore importante inoltre, è costituito da i tempi dello studio:

- durata dell'attività proposta (per sedute di lavoro e per ciclo di lavoro)
- tempi di valutazione della densità ossea.

Le ripetute osservazioni hanno dimostrato l'alta densità ossea in atleti e in soggetti praticanti attività fisica, anche se si devono tener presenti alcuni limiti della ricerca tra cui:

- eterogeneità dei gruppi; è fondamentale la scelta del campione su cui si intende lavorare. Deve essere simile il più possibile per caratteristiche date da età, esperienze motorie, condizioni al momento della valutazione, simili condizioni socio economico culturali, simili esperienze di vita e di lavoro;
- la scelta dei mezzi di valutazione; molti non sono attendibili e spesso offrono dei risultati poco precisi, altri valutano accuratamente delle capacità motorie ma poco rilievo danno agli sviluppi della massa scheletrica. I mezzi di valutazione devono testare in maniera accurata e precisa ciò che si vuole valutare, cercando di ridurre al minimo l'errore e quindi rendere la ricerca il più valida possibile;
- distinzione circa l'attività praticata dai soggetti facenti parte dei vari gruppi studiati, considerando gli sport praticati e caratteristiche di esso (bassa intensità, media intensità, alta intensità).

In sintesi, pare ragionevole individuare alcuni criteri che una programmazione delle attività motorie deve presentare al fine di rappresentare un efficace strumento per la prevenzione dell'osteoporosi.

Almeno 6 mesi sembrano essere necessari secondo la letteratura, affinché possano essere visibili i primi adattamenti del tessuto osseo.

L'incremento dell'attività motoria e sportiva in ambito scolastico, così come l'avviamento precoce allo sport, rappresenta un'opportunità per avere tale effetto preventivo sin dall'età evolutiva.

I risultati ottenuti dall'analisi degli effetti ottenuti dalla pratica agonistica di discipline sportive definite "asimmetriche" sembra avvalorare l'ipotesi che la sollecitazione meccanica sia in grado di contenere la demineralizzazione ossea.

Tali risultati però, devono far riflettere circa l'opportunità di presentare esercitazioni di compenso o integrative per l'arto non-dominante, soprattutto in età evolutiva.

Infine devono essere considerati rigorosamente il tipo di attività ed il tipo di sovraccarico da adottare per la sollecitazione del sistema scheletrico ponendo attenzione a:

- frequenza
- durata (ripetizioni)

- intensità

In generale il lavoro che pare possa migliorare la condizione generale del tessuto osseo dovrebbe essere basato su attività aerobica di impatto come ad esempio il running o diverse specialità della ginnastica; la durata di ogni allenamento non dovrebbe essere inferiore ad un'ora e la frequenza non dovrebbe scendere sotto le tre sedute settimanali. Da non dimenticare inoltre, l'importanza che riveste l'età in cui si inizia a praticare sport, dagli studi citati si evince infatti che i risultati ottenuti in chi si è dedicato alla pratica sportiva in giovanissima età, sono migliori rispetto a chi ha iniziato a praticare sport in età avanzata. L'aspetto più significativo comunque, risulta essere la costanza nell'allenamento e la pratica prolungata di attività motoria che dovrebbe, al fine di un miglioramento della condizione generale dell'individuo, divenire una sana abitudine di vita a cui non poter rinunciare.



Tyson Gay oggi campione mondiale dei 100 e 200 mt a Osaka qui ripreso nella vittoria dei 100 mt al Meeting Sport Solidarietà di Lignano nel 2005, prima gara di esordio nel continente europeo. E' stato per lui il meeting portafortuna

Bibliografia

- 1) Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R "Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females." *Calcif Tissue Int.* 1997 Apr;60(4):338-42.
- 2) Alfredson H, Nordstrom P, Lorentzon R. "Aerobic workout and bone mass in females" *Scand J Med Sci Sports.* 1997 Dec;7(6):336-41
- 3) Alfredson H, Nordstrom P, Pietila T, Lorentzon R "Long-term loading and regional bone mass of the arm in female volleyball players" *Calcif Tissue Int.* 1998 Apr;62(4):303-8
- 4) Calbet JA, Diaz Herrera P, Rodriguez LP. "High bone mineral density in male elite professional volleyball players" *Osteoporos Int.* 1999;10(6):468-74
- 5) Calbet JA, Dorado C, Diaz-Herrera P, Rodriguez-Rodriguez LP "High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players." *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Oct;33(10):1682-7.
- 6) Calbet JA, Moysi JS, Dorado C, Rodriguez LP "Bone mineral content and density in professional tennis players" *Calcif Tissue Int.* 1998 Jun;62(6):491-6
- 7) 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.
- 8) Christian Linden, Henrik G Ahlborg, Jack Besjakov, Per Gardsell, and Magnus K Karlsson "A School Curriculum-Based Exercise Program Increases Bone Mineral Accrual and Bone Size in Prepubertal Girls: Two-Year Data From the Pediatric Osteoporosis Prevention (POP) Study" *JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH* Volume 21, Number 6, 2006Published online on May 8, 2006; doi: 10.1359/JBMR.060304®



- 2006 American Society for Bone and Mineral Research.
- 9) Courteix D, Lespessailles E, Peres SL, Obert P, Germain P, Benhamou CL "Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: a comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports" *Osteoporos Int.* 1998;8(2):152-8.
- 10) Dalen N, Olsson KE. "Bone mineral content and physical activity" *Acta-orthop. Scand.* 1974; 45(2): 170-174.
- 11) Deal CL. "Osteoporosis: prevention, diagnosis, and management." *Am J Med.* 1997 Jan 27;102(1A):35S-39S. Review.
- 12) Douthwaite JN, DiStefano JG, Ploutz-Snyder RJ, Kanaley JA, Scerpella TA. "Maturity and activity-related differences in bone mineral density: Tanner I vs. II and gymnasts vs. non-gymnasts" *Bone.* 2006 Oct;39(4):895-900. Epub 2006 Jun 6
- 13) Drinkwater BL, McCloy CH, "Research Lecture: Does physical activity play a role in preventing osteoporosis?" 1994 Res. Q.Exerc.Sport 65,197-206
- 14) Elloumi M, Courteix D, Sellami S, Tabka Z, Lac G "Bone mineral content and density of Tunisian male rugby players: differences between forwards and backs." *Int J Sports Med.* 2006 May;27(5):351-8
- 15) G.N.Biscioti, "Attività fisica ed osteoporosi", *New Athletic Research in Science Sport.* 195, 2006
- 16) Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Oja P, Vuori I "Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players" *J Bone Miner Res.* 1998 Feb;13(2):310-9.
- 17) Haapasalo H, Sievanen H, Kannus P, Heinonen A, Oja P, Vuori I "Dimensions and estimated mechanical characteristics of the humerus after long-term tennis loading" *J Bone Miner Res.* 1996 Jun;11(6):864-72.
- 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. "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) Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, Sievanen H, Pasanen M, Heinonen A, Oja P, Vuori I "Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players" : *Ann Intern Med.* 1995 Jul 1;123(1):27-31
- 22) 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. PMID: 2133642
- 23) Kontulainen S, Sievanen H, Kannus P, Pasanen M, Vuori I "Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players: a peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls" *J Bone Miner Res.* 2002 Dec;17(12):2281-9.
- 24) Kronhed AC, Moller M "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.
- 25) Kwon J, Suzuki T, Yoshida H, Kim H, Yoshida Y, Iwasa H, Sugiyama 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
 - 26) Laing EM, Wilson AR, Modlesky CM, O'Connor PJ, Hall DB, Lewis RD “Initial years of recreational artistic gymnastics training improves lumbar spine bone mineral accrual in 4- to 8-year-old females” *J Bone Miner Res*. 2005 Mar;20(3):509-19. Epub 2004 Nov 29
 - 27) Marcus R. “Atlante di osteoporosi” *Menarini* 2000;1:3
 - 28) Mariotto F. “Invecchiare con successo” *SSS Roma*
 - 29) 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. PMID: 1912762
 - 30) Moore G.E., Larry Duratine “Exercise management for person with chronic diseases and disabilities” *Cap.34* 222-229
 - 31) Nakatsuka K, Kawakami H, Miki T. “Exercise and physical therapy in osteoporosis” *Nippon Rinsho*. 1994 Sep;52(9):2360-6.
 - 32) Orwoll ES, Ferar 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.
 - 33) 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 Nakanajo Study.” *Osteoporos Int*. 2007 Mar;18(3):285-93. Epub 2006 Oct 24.
 - 34) Pettersson U, Nordstrom P, Alfredson H, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R “Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: A comparative study between two different types of sports” *Calcif Tissue Int*. 2000 Sep;67(3):207-14
 - 35) Pettersson U, Alfredson H, Nordstrom P, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R “Bone mass in female cross-country skiers: relationship between muscle strength and different BMD sites” *Calcif Tissue Int*. 2000 Sep;67(3):199-206.
 - 36) Pettersson U, Nordstrom P, Lorentzon R “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
 - 37) Rautava E, Lehtonen-Veromaa M, Kautiainen H, Kajander S, Heinonen OJ, Viikari J, Mottonen T, Jyvaszkyla “The reduction of physical activity reflects on the bone mass among young females: a follow-up study of 142 adolescents girls.” *Scand J Med Sci Sports*. 2007 Apr;17(2):191
 - 38) 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.
 - 39) Robinson T.L., Snow-Harter C., Taffe D.R., Gills D., Shaw J., Marcus R. “Gymnast exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea” 1995 *J. Bone Miner Res*. 10: 26-35
 - 40) Rupert W Jakes, Kay-Tee Khaw, Nicholas E Day, Sheila Bingham, Ailsa Welch, Suzy Oakes, Robert Luben, Nicola Dalzell, 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) Sandstrom P, Jonsson P, Lorentzon R, Thorsen K “Bone mineral density and muscle strength in female ice hockey players” *Int J Sports Med*. 2000 Oct;21(7):524-8.
 - 43) Schneider M, Dunton GF, Bassin S, Graham DJ, Eliakim AF, Cooper DM. “Impact of a school-based physical activity intervention on fitness and bone in adolescent females” *J Phys Act Health*. 2007 Jan;4(1):17-29.
 - 44) Slemenda 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*. 19Aug;125(2):201-7.
 - 45) Soderman K, Bergstrom E, Lorentzon R, Alfredson H “Bone mass and muscle strength in young female soccer players” *Calcif Tissue Int*. 2000 Oct;67(4):297-303
 - 46) Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. “The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy” *J Strength Cond Res*. 2004 Aug;18(3):522-8.
 - 47) Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R. “Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes” *J Bone Miner Res*. 1995 Apr;10(4):586-93.
 - 48) 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.
 - 49) Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JA. “Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players.” *Bone*. 2004 Nov;35(5):1208-15.
 - 50) Vicente-Rodriguez G, Ara I, Serrano-Sanchez JA, Dorado C, Calbet JA “High femoral bone mineral density accretion in prepubertal soccer players.” *Med Sci Sports Exerc*. 2004 Oct;36(10):1789-95.
 - 51) Vicente-Rodriguez G, Jimenez-Ramirez J, Ara I, Serrano-Sanchez JA, Dorado C, Calbet JA “Enhanced bone mass and physical fitness in prepubescent footballers” *Bone*. 2003 Nov;33(5):853-9.
 - 52) 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
 - 53) 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.
 - 54) Ward KA, Roberts SA, Adams JE, Mughal MZ. “Bone geometry and density in the skeleton of pre-pubertal gymnasts and school children” *Bone*. 2005 Jun;36(6):1012-8.
 - 55) Witzke KA, Snow CM “Lean body mass and leg power best predict bone mineral density in adolescent girls.” *Med Sci Sports Exerc*. 1999 Nov;31(11):1558-63.