

Stimolazione Vibratoria - Sistemi Vibranti

Antonio Fratini, Mario Cesarelli

Introduzione	3
Caratteristiche generali	3
Principi di funzionamento	4
1. Rilevamento della frequenza muscolare “propria”	4
2. Utilizzo della pedana vibrante	5
2.1 Integrazione ai normali programmi di training muscolare	6
2.2 Trattamento di patologie degenerative Ossee	7
Giustificazioni scientifiche	7
Studi sulle vibrazioni applicate in campo sportivo:	7
Studi sull’effetto della vibrazione in riabilitazione e nel trattamento atrofia muscolare.....	8
Studi sulla vibrazione applicata in geriatria per il trattamento dell’osteoporosi.....	9
Studi di base sugli effetti della vibrazione a livello Biologico.....	10
Potenziali Applicazioni	10
Conclusioni	10
Bibliografia	11
Siti internet di riferimento	12

Introduzione

Il sistema muscolo-scheletrico costituisce una complessa macchina biologica preposta alla locomozione umana. Per poter svolgere e realizzare le varie richieste funzionali, questo sistema cambia continuamente struttura e metabolismo, rispondendo all'uso con modificazioni sia nella forma, sia nella forza. Un "sovraccarico" costante assicura uno stimolo biologico attraverso fattori strutturali e metabolici, mantenendo i tessuti, sia delle ossa, sia dei muscoli, entro un limite di sicurezza funzionale. Un periodo di riposo prolungato a letto o di immobilizzazione causata da infortuni può però indebolire le sue strutture tanto da limitarne le funzioni. Alcune patologie comuni, come osteoporosi o le miositi, riducono la qualità e la quantità delle strutture ossee e muscolari producendo quella degenerazione che si manifesta poi con sintomi clinici. Quando i carichi giornalieri da sostenere sono drasticamente ridotti, ne scaturisce una rimarchevole atrofia muscolare la cui semi-vita dura circa 8-10 giorni, con un degrado selettivo della struttura proteica che forma la componente contrattile del muscolo, specialmente a carico delle fibre lente. *Questa è la causa principale che favorisce la disfunzione e la diminuzione della forza sia delle ossa, sia di muscoli con il sopraggiungere della vecchiaia.* E' stato suggerito che esercizi di piccola durata ma di altissima intensità ("heavy duty") producono effetti positivi sulle strutture osteo-muscolari e articolari; tanto che sia la massa sia la forza sono mantenute ad un livello elevato in risposta a questi sforzi ciclici. In genere però l'uomo è sedentario, specie se avanti con gli anni e spesso, la sua attività fisica si riduce alla semplice locomozione per le normali funzioni quotidiane. La locomozione umana che si realizza giornalmente rappresenta lo stimolo meccanico minimo che è in grado di assicurare il tono muscolare di base. Ecco perché è consigliato agli anziani di camminare molto. Questo stimolo, che generalmente viene richiesto per vincere la forza di gravità, è appena sufficiente per proteggere le ossa dalle fratture. Infatti, durante la locomozione, al momento dell'impatto al suolo, un treno di onde d'urto viene generato e trasmesso lungo tutto il corpo. Queste vibrazioni vengono trasmesse attraverso il piede, la gamba, la colonna vertebrale e il collo. Tutto ciò rappresenta un forte stimolo per la formazione delle ossa durante la vita dell'uomo. Sfortunatamente la moderna concezione della vita limita fortemente l'attività di movimento, con un forte incremento dell'ipocinesia e quindi ciò si risolve in un effetto negativo sul sistema muscolo-scheletrico. Per compensare la mancanza di movimento sono stati pianificati diversi progetti per stimolare ed indurre la popolazione ad aumentare l'attività fisica, purtroppo per mancanza di attrezzature e per uno stile di vita errato tutto ciò non avviene o avviene in scarsissima quantità spesso insufficiente ad evitare rischi. Nuove metodiche basate su vibrazioni meccaniche applicate al corpo producono alterazioni nelle condizioni gravitazionali con conseguente determinazione di risposte specifiche a livello neuromuscolare, osteo-articolare ed ormonale. Esiste ed è stato sperimentato un nuovo metodo di allenamento che utilizza come fattore di stimolo gli effetti indotti dalla **vibrazione meccanica**. E' stato infatti dimostrato che il trattamento con vibrazione meccanica rappresenta un importante stimolo per l'intero organismo e specialmente per il sistema neuro-muscolare e scheletrico.

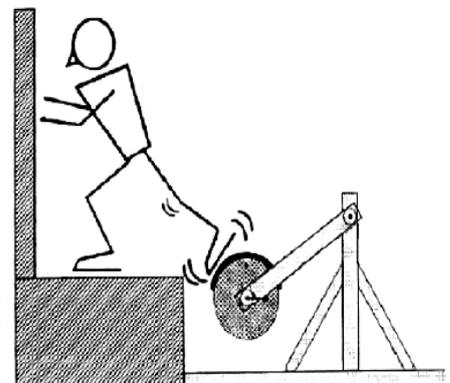
Caratteristiche generali

I sistemi vibranti o più precisamente le pedane vibranti sono apparecchi in grado di produrre oscillazioni sinusoidali a frequenze ben precise e trasferirle al corpo del soggetto trattato attraverso una pedana. Questa strumentazione, che si basa sui risultati degli studi effettuati dal prof. Carmelo Bosco, è dotata, in alcuni casi, anche di sensori per la rilevazione dell'EMG di superficie per stabilire la frequenza più "adatta" con cui stimolare il paziente. **La vibrazione della lunghezza d'onda adatta**, secondo il prof. Bosco, stimola i "pressorecettori", strutture capaci di registrare le variazioni di pressione ambientale e produrre una reazione di adattamento ad esse. Allenarsi vibrando, migliorare la propria potenza, resistenza, velocità facendo semplici esercizi su una pedana

che vibra a frequenze predeterminate oppure sottoporsi a cicli di vibrazioni intervallando l'esercizio fisico [1]. Ma anche curare anziani, infortunati, dai postumi di fratture e dall'avanzare dell'osteoporosi, senza dover ricorrere a fastidiose terapie di rieducazione oppure integrandole con successo. E' la nuova frontiera delle moderne metodologie di allenamento. E' stata sperimentata dagli astronauti della NASA, nonché dall'agenzia spaziale russa; dai campioni di football Usa dei Chicago Bulls; dalla nazionale di sci e di pugilato, da alcune squadre di pallavolo e anche del calcio maggiore, fra le quali la Roma. La sollecitazione dei pressorecettori produce una risposta molto interessante: moltiplica l'effetto allenante dell'esercizio e dello stimolo elettrico muscolare. Cerchiamo quindi di scendere un po' più in dettaglio, e analizzare a grandi linee, questi strumenti dal punto di vista funzionale e progettuale.

Principi di funzionamento.

Il training con vibrazioni o WBV (Whole Body Vibration) si è sviluppato originariamente come modifica del riflesso tonico di vibrazione (TVR) prodotto tramite la vibrazione dei tendini. Il TVR è una contrazione riflessiva indotta derivante dalla stimolazione locale dei tendini o dei muscoli [21]. La variazione prodotta nella lunghezza del muscolo viene rilevata dai fusi muscolari e induce una serie di risposte adattatorie. Questa attività si desume da un aumento del segnale elettromiografico del muscolo interessato che può inoltre assicurare in questo modo una percentuale di forza maggiore senza un rigido controllo da parte del sistema neuro-muscolare. La generazione del TVR è usata come trattamento in fisioterapia, e medicina riabilitativa. La relativa applicazione nello sport ha richiesto un metodo di stimolazione più pratico ed efficiente. Nasarov, un allenatore russo, fu il primo ad applicare lo stimolo vibratorio per aiutare i suoi atleti nella preparazione fisica. L'onda di vibrazione veniva applicata ai muscoli distali e così trasmessa a quelli prossimali dai tessuti. Egli utilizzava un dispositivo speciale per generare la vibrazione ad una frequenza di circa 23Hz. Gli esperimenti condotti, portarono Nasarov a evidenziare i benefici del training con vibrazioni ed a ipotizzare un miglioramento indotto nella circolazione periferica [22]. Il team di ricerca del prof. C. Bosco ha analizzato e documentato gli effetti della WBV eleggendo questa metodica come la naturale evoluzione delle precedenti, conferendogli maggiore efficacia ed applicabilità.



1. Rilevamento della frequenza muscolare "propria"

Gli studi condotti dal prof. Bosco suggeriscono che ogni persona ha una propria frequenza di stimolazione ottimale. Per ottenere un trattamento efficiente è molto importante conoscere questa frequenza, diversamente il training con questi strumenti sarebbe poco efficace se non addirittura improduttivo. A tale scopo molti dei sistemi vibranti attualmente in commercio sono dotati di sensori per il prelievo del segnale Elettromiografico di superficie. Il test è semplice: il segnale viene prelevato in zone specifiche quali il vasto laterale, la sezione più grande del Quadricepito, o in alternativa al polpaccio. La macchina comincia quindi a stimolare il muscolo a frequenze diverse per una durata di 5 sec. circa per ognuna. Le frequenze utilizzate vanno dai 20 ai 55 Hz con salti di 5Hz, il test ha una durata di circa 40 sec.



Durante tutto il test la macchina memorizza il segnale EMG prelevato, ed alla fine lo elabora per ottenere la frequenza alla quale la risposta elettromiografica è stata massima, in altre parole la frequenza alla quale il muscolo lavora più duramente. Quindi la macchina mostra i risultati dell'analisi fornendo la frequenza "ottimale di stimolazione". La figura seguente mostra un grafico della risposta elettromiografica (rms) per varie frequenze durante l'esecuzione del test.

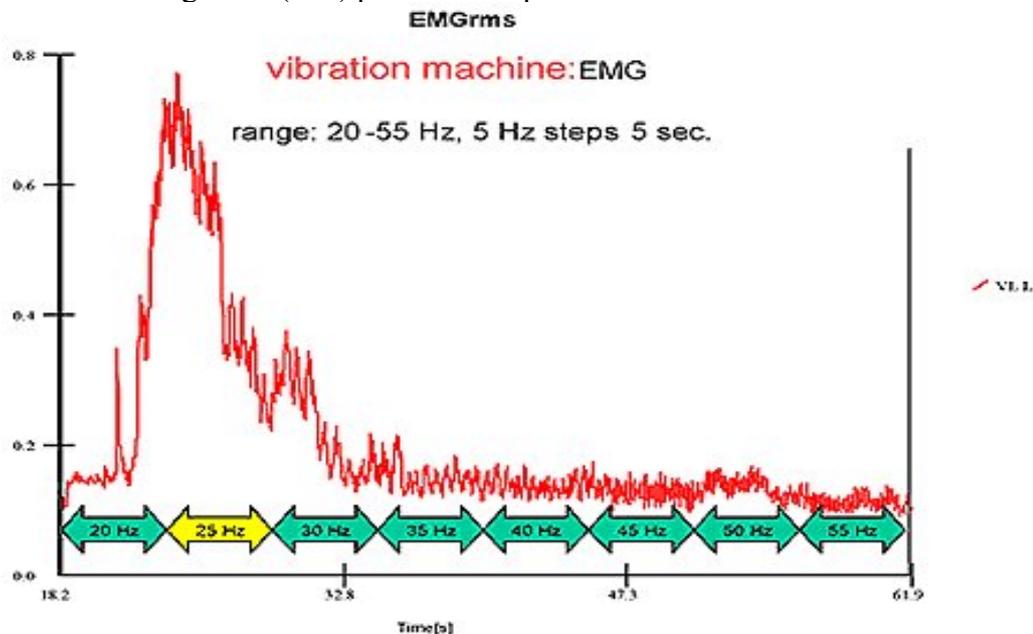


Figura 1: Tracciato elettromiografico del test eseguito

Sull'asse verticale si trova il valore r.m.s. del segnale EMG (quanto il muscolo lavora) espresso in milliVolt, sull'asse orizzontale le diverse frequenze di stimolazione. In questo specifico caso, come si evince dal grafico, la frequenza ottimale di stimolazione è 25Hz. A 25Hz infatti, i muscoli del soggetto in esame lavorano al meglio (il valore misurato è 75mV). Se la frequenza di stimolazione fosse invece di 40Hz ad esempio, la sua attività muscolare sarebbe notevolmente ridotta (15mV). In ogni caso è possibile tramite i sistemi vibranti stimolare il muscolo a frequenze diverse, tuttavia l'approccio suggerito dal prof. Bosco fonda i suoi risultati sul training alla frequenza "adatta" per ogni singolo soggetto.

2. Utilizzo della pedana vibrante

La vibrazione meccanica esercita una azione eccitatoria tonica sui muscoli sottoposti ad essa. Tale azione è anche chiamata "tonic vibration reflex" ed è in grado di aumentare il reclutamento di unità motorie muscolari durante un esercizio fisico con conseguente incremento della forza e potenza muscolare. L'obiettivo finale di questi strumenti è quello di provocare una contrazione muscolare di riflesso allo stiramento. Il soggetto in esame viene stimolato attraverso la pedana che produce una leggera vibrazione. Tale vibrazione viene generata in diverse maniere: sia come rotazione attorno ad un asse - orizzontale o verticale (fig.2) - che in maniera sussultoria; può avere un'ampiezza prestabilita e quindi produrre sul corpo del soggetto un'accelerazione programmata. Questa situazione sollecita l'intero sistema muscolo-scheletrico del volontario che di riflesso cerca di mantenere uno "stato stabile" reagendo ai leggeri stiramenti indotti dalla vibrazione. In questo modo tutti i muscoli che sono responsabili del mantenimento dello stato di equilibrio, e quindi l'intero sistema muscolo-scheletrico, sono "attivati" generando quelle risposte di cui sopra discusso.

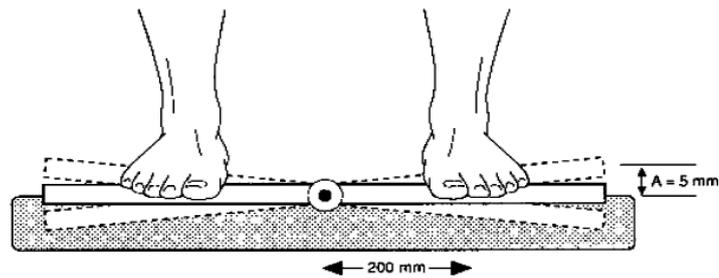


Figura 2: Produzione della vibrazione

2.1 Integrazione ai normali programmi di training muscolare

Numerose sono le discipline sportive in cui i trattamenti con vibrazioni sono utilizzati quotidianamente, dai normali programmi di allenamento in palestra ai trattamenti più professionali riguardanti training muscolare per atleti professionisti. Diverse sono anche le metodiche di utilizzo delle pedane vibranti, che sostanzialmente seguono due scuole di pensiero: l'utilizzo contemporaneo all'esecuzione dell'esercizio, e l'alternanza di set vibratorii a set di allenamento per specifici gruppi muscolari, come suggerito dal prof. C. Bosco. Nel primo caso i set vibratorii sono concomitanti all'esecuzione dell'esercizio e non hanno quindi una durata prefissata, la pedana viene utilizzata come "sostegno" nell'esecuzione di normali esercizi a corpo libero.



Figura 3: Esecuzione di esercizi fisici e contemporanea stimolazione alla pedana



Nel secondo invece i set sono composti da 10 stimolazioni della durata di 60 sec. Al soggetto da trattare viene richiesto di assumere sulla pedana una postura rilassata con le ginocchia curve ad un angolo di 135° , sporgendosi lentamente in avanti per avere il bacino leggermente inclinato. Intervallati ai set vibratorii vanno poi eseguiti i programmati di work-out muscolari.

2.2 *Trattamento di patologie degenerative Ossee*

Le vibrazioni risultano essere di grande importanza anche per quanto riguarda l'osteoporosi, in quanto la somministrazione di stimoli vibratorii produce sollecitazioni efficacissime sulle funzioni biologiche delle ossa su cui si inseriscono. È stata osservata una variazione significativa nella densità delle ossa spugnose della parte prossimale del femore (34% in più del campione di controllo) a seguito di trattamenti con la WBV. Questo induce a suggerire questa metodica quale importante risorsa per problemi degenerativi ossei quali l'osteoporosi. Un anno di ricerca effettuato su 70 donne in menopausa ha evidenziato che brevi periodi di trattamento con la WBV possono effettivamente inibire o rallentare la degenerazione ossea a carico della colonna vertebrale e del femore, con effetti particolarmente significativi per soggetti di minor peso corporeo [27].

Giustificazioni scientifiche

Studi sulle vibrazioni applicate in campo sportivo:

In relazione agli adattamenti biologici ottenuti attraverso la vibrazione è naturale aspettarsi miglioramenti anche nelle espressioni biomeccaniche dei movimenti soprattutto nelle qualità di forza e di potenza. È stato osservato come l'esposizione allo stimolo meccanico della vibrazione per 5 ripetizioni al giorno di 90 s ciascuna, separate da un intervallo di 40 s, per 10 giorni consecutivi produceva un incremento significativo dell'altezza e della potenza meccanica nel salto (fig.3), rispetto al gruppo di controllo, durante i 5 sec. di

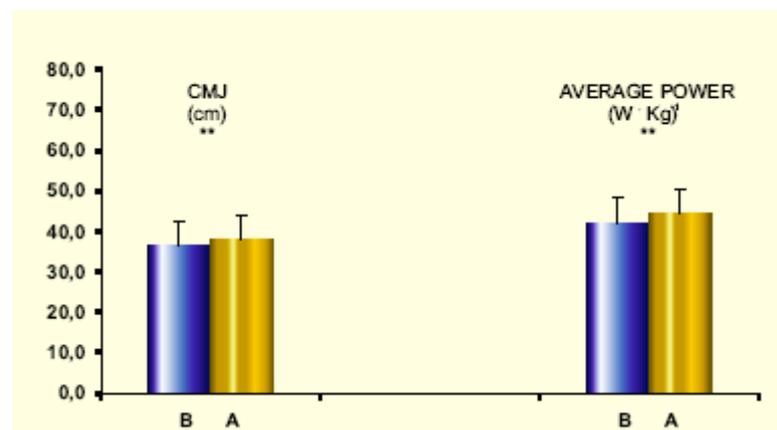


Figura 4: Incrementi di altezza e potenza rispetto al gruppo di controllo

esecuzione del test di salti continui (Test Bosco-Vittori). L'osservazione di questo fenomeno ha indotto gli autori ad affermare che le risposte biologiche prodotte dallo stimolo vibratorio sono simili agli effetti prodotti da un allenamento di forza esplosiva [8]. Miglioramenti del comportamento meccanico dei muscoli sono stati osservati anche nell'esecuzione di esercizi con sovraccarichi (relazione Velocità-Forza e Potenza-Forza durante esercitazioni alla pressa con carichi crescenti da 70 a 130 Kg) in giocatrici di pallavolo di alto livello dopo una sola somministrazione di 10 min di vibrazioni a circa 30 Hz in due set da 5 ripetizioni ciascuna della durata di 60s per ogni ripetizione con 60s di recupero tra le ripetizioni e 6min tra le serie. In questo caso si è notato uno spostamento verso destra di entrambe le curve di correlazione V-F e P-F (Fig.4) a dimostrazione di un miglioramento della prestazione [2,3] che con le metodiche tradizionali di allenamento della forza si raggiunge solo dopo

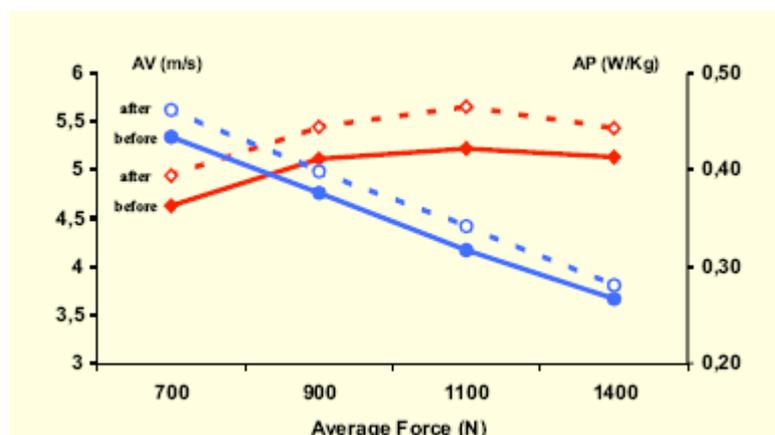


Figura 5: Correlazione Velocità-Forza e Potenza-Forza

parecchie settimane [23,24]. Una applicazione acuta di cinque minuti effettivi di vibrazione applicati all'arto dominante superiore, alternando 60 sec di trattamento vibratorio ad un eguale periodo di riposo, ha mostrato su alcuni pugili di livello internazionale, un incremento statisticamente significativo della potenza dei muscoli flessori del braccio (bicipite omerale e brachioradiale). E' stato notato un incremento della potenza meccanica durante l'esecuzione di 30 flessioni dell'avambraccio sul braccio mentre i soggetti impugnavano un manubrio vibrante a 30 Hz del peso di 2,8 Kg. Il miglioramento è stato attribuito dagli autori, al potenziamento indotto dalla vibrazione sul sistema nervoso [3]. L'effetto delle vibrazioni è stato osservato anche a livello del sistema respiratorio polmonare. E' stato dimostrato infatti, che lo stimolo meccanico prodotto dalle vibrazioni incrementa il volume respiratorio ed il volume minuto ventilatorio. Questo fenomeno è stato interpretato come dipendente dai riflessi da vibrazione che coinvolgono i muscoli intercostali inspiratori ed espiratori sottoposti alle vibrazioni [25]. Infine è da ricordare che l'esposizione a vibrazioni induce una stimolazione ormonale, in alcuni studi effettuati su soggetti di sesso maschile si è riscontrato un aumento della libido, a causa dell'incremento dei valori del testosterone, oltre ad un aumento del Gh ed una sensibile diminuzione del cortisolo.

Studi sull'effetto della vibrazione in riabilitazione e nel trattamento atrofia muscolare

Anche nel campo della riabilitazione gli effetti delle vibrazioni, in associazione ai metodi di terapia tradizionale, hanno avuto un riscontro positivo. Studi clinici condotti su pazienti con traumi dei nervi periferici e contratture articolari hanno dimostrato l'efficacia del trattamento con vibrazioni accompagnato a metodi di trazione classica [14]. Recentissime sperimentazioni hanno evidenziato un marcato miglioramento della flessibilità del tronco e dei muscoli flessori degli arti inferiori dopo applicazione di stimolo vibratorio in confronto a tutte le metodiche di stretching tradizionali, quali quello balistico, l'allungamento passivo, quello statico ed il PNF [15]. Attualmente una nuova tecnica di valutazione che utilizza contemporaneamente le vibrazioni e l'elettromiografia di superficie si sta affermando nel campo della diagnosi clinica della medicina fisica e nella riabilitazione post-traumatica. Tale metodica, ideata da Bosco [18], è in grado di monitorare lo stato funzionale dei propriocettori articolari e del muscolo agonista dell'articolazione interessata sia in fase pre-operatoria che nella fase di recupero. La differenza tra questa nuova tecnica e quelle tradizionali consiste nel fatto che attraverso la stimolazione vibratoria si riesce a registrare, tramite EMG, lo stato funzionale dei propriocettori articolari e tendinei (corpuscoli di Ruffini, del Pacini, di Messner, del Golgi) i quali, plausibilmente dopo un intervento chirurgico a livello articolare subiscono una

rescissione. Tale condizione provoca delle risposte elettromiografiche anomale anche dopo molti anni dall'intervento chirurgico, malgrado le condizioni di forza e di potenza espresse dal muscolo che agisce sulla articolazione operata risultino simili a quelle dell'arto sano. La non corretta funzionalità del sistema osteo-muscolo-articolare potrebbe comportare al soggetto operato e, riabilitato attraverso le terapie tradizionali (isocinetica, elettrostimolazione ecc.), situazioni recidivanti, soprattutto se il soggetto è un atleta. Le vibrazioni, inserite in un programma di riabilitazione, possono contribuire in modo sostanziale al recupero funzionale del sistema osteo-muscoloarticolare operato [16] in quanto costituiscono attualmente l'unico stimolo che riesce a creare delle perturbazioni a livello dei propriocettori articolari riducendo, inoltre, lo stress a livello muscolare e tendineo. La stimolazione vibratoria ha fatto registrare un miglioramento del dolore sul 69% dei pazienti trattati. Il tempo di applicazione si aggirava sui 24-25 minuti, mentre risultava essere più efficace applicando anche un peso di 1 kg. Trattamenti con vibrazioni ad alta frequenza sembrano indurre uno stress minore sia ai tendini sia ai muscoli. E' stato suggerito che non solamente i tessuti nervosi vengono fortemente influenzati dalla vibrazione ma anche il tessuto muscolare. A tale proposito 5 ore / die per due giorni furono sufficienti ad indurre un incremento della sezione sia delle fibre muscolari lente sia veloci di ratti sottoposti a due differenti frequenze di trattamenti vibratorii [17].

Studi sulla vibrazione applicata in geriatria per il trattamento dell'osteoporosi

Anche se gli studi rivolti all'applicazione della vibrazione per migliorare l'osteoporosi (osteopenia) sono difficili da reperire nella letteratura internazionale, si può fortemente affermare che queste nuove metodologie presentano indicazioni senza dubbio efficaci. Queste affermazioni sono suffragate dal fatto che l'evidente miglioramento delle funzioni muscolari indotte dalla somministrazione di trattamenti vibratorii producono sollecitazioni efficacissime sulle funzioni biologiche delle ossa su cui si inseriscono. Queste sollecitazioni si evidenziano specialmente sull'asse trasversale, che è quello più debole e quindi più soggetto a fratture[4].

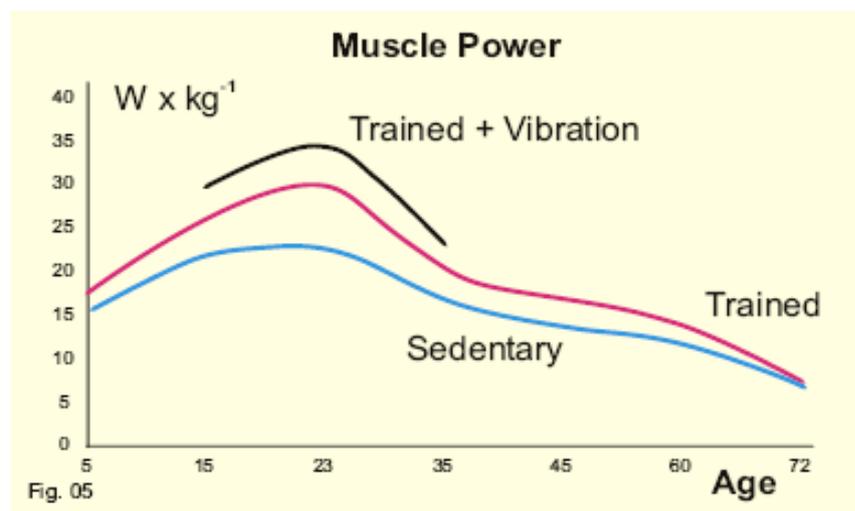


Figura 6: Variazione della potenza muscolare in funzione dell'età.

In soggetti sedentari ed allenati la massima espressione di potenza muscolare si nota verso l'età di 20-30 anni, dopo si riscontra un decremento che corre quasi parallelo all' invecchiamento. Con l'allenamento è possibile rallentare il decremento indotto dalla vecchiaia. Gli effetti della vibrazione provocano ulteriori miglioramenti non solo in soggetti sedentari ma anche in soggetti allenati [2,3].

Studi di base sugli effetti della vibrazione a livello Biologico

Incrementando la frequenza della vibrazione, da 5 Hz a 30 Hz, venne dimostrato un aumento della concentrazione plasmatica di cortisone nel cervello del ratto, nello stesso tempo venne osservato con l'aumentare dell'accelerazione una correlazione positiva tra il 5-HT ed il cortisone [10]. Alcuni autori hanno suggerito che le vibrazioni inducono un forte potenziamento dell'attivazione di nervi motori attraverso il riflesso miotatico (riflesso di stiramento). E' stato dimostrato che nell'uomo le vibrazioni attivano connessioni monosinaptiche e polisinaptiche. Queste ultime sono preposte a generare contrazioni riflesse, mentre le prime influenzano solamente i pattern temporali dei treni d'impulso delle vie nervose motorie.

Potenziali Applicazioni

Come sottolineato dalle ricerche svolte, i campi di possibile utilizzo di questi strumenti sono molteplici, e nuovi ancora se ne aggiungono al progredire degli studi sulla "vibrazione terapeutica". Le pedane vibranti quindi, possono essere utilizzate con profitto in molte discipline quali:

Sport & Fitness: Incrementi nella flessibilità e agilità dei muscoli e delle articolazioni, nella forza e potenza muscolare con possibilità di utilizzo contemporaneo o alternativo ai programmi di allenamento convenzionali.

Terapia Fisica: Riabilitazione e prevenzione e trattamento di traumi muscolo-scheletrici (schiena, tendini, articolazioni).

Riabilitazione: Trattamento dell'atrofia muscolare, ipotonia, difetti della circolazione periferica, terapia del dolore, edemi, disturbi propriocettivi.

Medicina: Trattamento dell'osteoporosi, difetti neuromuscolari, paresi, handicap e spasticismo di vario livello.

Cosmetica: Trattamento e prevenzione della ritenzione idrica, mantenimento del giusto tono muscolare, cellulite, sviluppo del corpo e riduzione degli accumuli adiposi, effetto anti-invecchiamento.

Conclusioni

L'uso delle vibrazioni apre nuove strade nel campo della scienza dello sport e della riabilitazione. L'efficacia dell'allenamento con sovraccarichi (allenamento con i pesi) è stata dimostrata ampiamente, nei riguardi dell'incremento della prestazione neuro-muscolare, della potenza espressa, della forza e del profilo ormonale. Tuttavia il tempo che occorre per ottenere tali adattamenti, e quindi risultati, è molto lungo e pieno di imprevisti se comparato alle potenzialità offerte dallo stimolo vibratorio in tutte le sue applicazioni. E' buona norma comunque, considerare le vibrazioni non come sostitutive delle metodologie di allenamento tradizionali, bensì come uno strumento efficace per implementare i programmi di allenamento. Altri e approfonditi studi sono indispensabili per analizzare gli adattamenti biologici ai differenti protocolli di trattamento e gli effetti delle vibrazioni in associazione con i metodi di allenamento convenzionali, principalmente per migliorare la conoscenza di questo nuovo attrezzo nel campo della scienza dello sport.

Bibliografia

- [1] Bosco, C.; Cardinale, M.: Nuove frontiere dell'allenamento sportivo : le vibrazioni. Effetti sul comportamento meccanico del muscolo scheletrico. *Coaching and Sport Science Journal*, Vol. 3., No.1., 1998, pg. 53-59.
- [2] Bosco C, Colli R, Introini E et al., Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol* (1999b); 19: 183±187.
- [3] Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O, Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol* (1999a); 79: 306±311.
- [4] Bosco, C.; Colli, R.; Cardinale, M.; Tsarpela, O.; Bonifazi, M. : The effect of whole body vibration on mechanical behaviour of skeletal muscle and hormonal profile; In : Lyritis,G. (Red.) : *Musculo-Skeletal Interactions*, Vol. 2., Hylonome Editions, Hellenic Institute of Osteoporosis, Griekenland.
- [5] De Gail P, Lance J, Neilson P, Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man. *J Neurol Neurosurg Psych* (1966); 29: 1±11.
- [6] Atha, J.; Wheatley, D.W. : Joint mobility changes due to low frequency vibration and stretching exercise; *Br. J. Sports Med.* Vol. 10, No. 1., 1976, pg. 26-34.
- [7] Bosco, C. : L'effetto della vibrazione sulla forza muscolare e sul profilo ormonale in atleti; *Atleticastudi*, No. 4/5/6, 1998, pg. 7-14.
- [8] Bosco, C.; Cardinale, M.; Tsarpela, O.; Colli, R.; Tihanyi, J.; von Duvillard, S.P.; Viru, A. : The influence of whole body vibration on jumping performance; *Biology of Sport*, Vol. 15., No. 3., 1998, pg. 157-164.
- [9] Issurin, V.B.; Liebermann, D.G.; Tenenbaum, G. : Vibratory stimulation training: a new approach for developing strength and flexibility in athletes;
- [10] Flieger, J.; Karachalios, Th.; Khaldi, L.; Raptou, P.; Lyritis, G. : Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats; *Calcif. Tissue Int.* Vol. 63., 1998, pg. 510-514.
- [11] Issurin, V.B.; Liebermann, D.G.; Tenenbaum, G. : Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility; *J. Sports Sci.* Vol. 12., 1994, pg. 561-566.
- [12] Wolf, S.L.; Binder-MacLeod, S.A. : Neuromotor rehabilitation. Electromyographic biofeedback in the physical therapy clinic; in : Basmajian, J.V. (Red.) : *Biofeedback. Principles and practice for clinicians*; Williams & Wilkins, Baltimore, USA, 1989, pg. 91-103.
- [13] Yessis, M. : Vibrational devices; *Fitness and Sports Review International*, Vol. 27, No. 2., April 1992, pg. 67.
- [14] Bosco C e coll . *Clinical Physiology* 19: 1-6, 1999a.

- [15] Bosco C e coll. Eur J Appl. Physiol, 79, 4:306-11, 1999b.
- [16] Bosco C e coll. Biology of Sport, 15, 3: 157-164, 1998
- [17] Davis, J.M. e Bailey, S.P. Med. Sci. Sp. Exer. 29 (1): 45-57.. (1997).
- [18] Bosco C., Foti C., Tsarpela O., Rocco A., Caruso I. (2000). Nuove tecniche di valutazione delle capacità propriocettive utilizzando EMG e vibrazioni sussultorie. *Atleticastudi*, 1 (2): 3-10.
- [19] Bosco C. et col. (2001 *Med. Sport*, in press).
- [20] Necking LE e coll. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg.* 3, 1996
- [21] Bongiovanni LG Hagbarth KE (1990) TVR elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man. *J Physiol (Lond)* 423.
- [22] Adrie van Diemenn. VIBRATION TRAINING, Mechanisms and possible mechanisms relating to structural adaptations and acute effects, April 2002
- [23] Coyle E., Feirin C., Rotkis T., Cote R., Roby F., Lee W. & Wilmore J., Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J. Appl. Physiol.* (1981), 51,1437-42.
- [24] 19. Hakkinen K., Komi PV. Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensors muscle during concentric and various stretch-shortening cycle exercise. *Scand. J. Sport Sci.* (1985), 7 (2): 65-76.
- [25] Homma I., Nagai T., Sakai T., Ohashi M., Beppu M., Yonemoto K. Effect of chest wall vibration on ventilation in patients with spinal cord lesion. *J. Appl. Physiol.* (1981), 50 (1): 107-11.
- [26] Levitskii EF, Poliakova SA, Strelis LP, Laptev BI, Panina GV. The efficacy of vibration and traction in correcting contractures of the joints (an experimental study) *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 1997 Sep-Oct;(5):26-8. Russian.
- [27] Rubin C.T. ,Turner S.A. ,Bain S. ,Mallinckrodt C. ,McLeod K. :Low mechanical signals strengthen long bones: *Nature* 2001 Aug. 412;603-4.

Siti internet di riferimento

www.pubmed.com

www.provib.com

www.powerplateusa.com

www.medisport.it

www.galileo2000.nl

www.fitvibe.com

www.fit-med.com

ejournals.ebsco.com