

V.M. SARACENI - D.A. FLETZER

**L'ESERCIZIO
IN
MEDICINA
RIABILITATIVA**



PICCIN

Per allenamento si intende tutto ciò che è in grado di sviluppare in un essere umano adattamenti necessari all'organismo per renderlo capace di produrre uno sforzo adeguato all'attività richiesta, sia esso finalizzato ad un bambino, ad un adulto o ad un anziano, nelle diverse condizioni fisiologiche o fisiopatologiche.

Possono indurre lo sviluppo di adattamenti sollecitazioni biologiche, psichiche e affettive, pertanto l'adattamento risulta essere la risposta autoregolativa dell'organismo che si modifica funzionalmente e morfologicamente, reagendo alle diverse richieste organizzate nella preparazione.

Il presupposto fondamentale perché si sviluppino adattamenti è che gli stimoli ambientali, naturali o artificiali e l'esercizio fisico sollecitino in modo idoneo, quantitativamente e qualitativamente, le capacità naturali possedute dall'individuo.

Nel processo di allenamento la successione degli stimoli induce una variazione dell'omeostasi nei diversi compartimenti dell'organizzazione biologica. Ad essa segue una reazione compensatoria che tende ad annullare lo squilibrio prodotto dal carico fisico, che ripetendosi più volte finisce col determinare un progressivo aumento delle riserve funzionali, fino a superarne il livello iniziale (1).

La gestualità motoria a diverse frequenze ad indirizzo sportivo, intesa come attività che impegna non solo sul piano dell'agonismo ma anche dell'esercizio individuale o collettivo le capacità fisiche e psichiche dell'individuo in connessione con intenti ricreativi e adattativi, investe il sistema corporeo. Si determinano una serie di adattamenti fisico-organici intersistemici in grado di sviluppare nel tempo effetti anabolici con incremento delle capacità, nonché effetti catabolici con decremento delle stesse: tutto ciò in relazione alle disponibilità potenziali del soggetto ed all'eventuale superamento di tali disponibilità.

La quantificazione del carico di lavoro dipende sia dall'esercizio fisico totale compiuto nell'attuazione di un programma formativo (quantità di esercizi, distanza percorsa, pesi sollevati) che dall'intensità (velocità, potenza, ritmo, tensione, livello di difficoltà) attraverso i quali si realizzano le diverse attività programmate.

Ogni allenamento determina una modificazione che permette al carico seguente una sommazione e porta a una strutturazione orientata del carico, a seconda delle risposte adattative, ai singoli esercizi. Le sequenze di lavoro si intersecano provocando adattamenti sempre più specifici, fondati su precedenti acquisizioni, in modo combinato fra le diverse funzioni, supportando sempre più specificamente le acquisizioni motorie tecniche, fino ad un'ipotetica massimalizzazione della prestazione (2).

L'allenamento può essere considerato un'attività motoria ripetitiva e programmata che ha l'obiettivo di elevare una precisa prestazione atletica, inducendo il potenziamento delle funzioni biologiche che presiedono la prestazione stessa.

L'allenamento produce risultati in quanto crea gli stimoli di adattamento per il nostro organismo, stimoli che a loro volta inducono ad una risposta compensativa. Questo principio è sempre valido, qualsiasi qualità si cerchi di migliorare, in quanto a stimoli diversi seguiranno risposte di adattamento diverse.

Tali modificazioni consentono di ottimizzare l'utilizzo dei substrati energetici, migliorando l'efficienza generale del sistema metabolico ossidativo e del consumo massimo di ossigeno.

Le fonti di energia dell'organismo sono strutturate per essere utilizzate in base all'intensità e alla durata dell'esercizio.

Tenendo presenti caratteristiche e durata delle varie discipline sportive è facilmente intuibile quali

sistemi energetici vengano utilizzati durante la pratica sportiva (2).

La riserva più immediata di energia utilizzabile durante la contrazione muscolare è il creatinfosfato (CP). Tuttavia la sua concentrazione nel corpo è esigua, pari a quella che servirebbe per correre 100 metri. La caratteristica di questa fonte di energia è l'immediatezza di utilizzo e la grande potenza muscolare erogabile.

La seconda riserva energetica disponibile è a carico dei carboidrati, immagazzinati sottoforma di glicogeno e glucosio nel fegato e muscoli. L'utilizzo di questa fonte permetterebbe di sostenere un'ipotetica corsa di 25 Km.

La terza riserva è a carico del tessuto adiposo sottoforma di acidi grassi. Questi elementi sono una grande fonte di energia, sono il 17% del peso corporeo nell'uomo ed il 20%-25% nella donna. La quantità di energia che un grammo di grasso può fornire è circa il doppio di quella dei carboidrati. Teoricamente la riserva di grasso del corpo umano, ci permetterebbe di correre per oltre 500 Km a blanda andatura.

Nel momento del bisogno le tre riserve di energia diventano disponibili per l'organismo sottoforma di ATP, comunemente definita "moneta di scambio energetico". L'ATP (adenosin-5'-trifosfato) è l'unica forma di energia che il corpo umano può utilizzare nella contrazione muscolare.

L'ATP immagazzina energia e la fornisce quando viene scisso per idrolisi in ADP (adenosindifosfato) + P.

Sino a poco tempo fa le proteine non erano considerate come riserva energetica: ma è stato dimostrato che per lavori protratti nel tempo ad intensità elevata, il metabolismo proteico varia significativamente in rapporto alla durata dello sforzo.

La quantità di energia fornita da un grammo di proteine è uguale a quella dei carboidrati. Studi recenti hanno dimostrato che in lavori da 60% al 70% del VO_2 max, il contributo energetico delle proteine è pari a circa il 10%.

Le proteine non vengono considerate come fonte di energia perché costituiscono gran parte delle strutture del corpo umano (e cioè gli elementi plastici) ad eccezione dei circa 300 grammi localizzati nel fegato.

Una volta utilizzate le scorte presenti nel fegato, il nostro organismo utilizza come fonte di energia le proteine muscolari (come avviene nei grandi digiuni).

Al pari della ricostruzione di ATP partendo dalla fosfocreatina e ADP, è possibile usare

l'energia del sistema glicogeno-acido lattico per risintesi di fosfocreatina e ATP. Il sistema aerobico alattacido può sfruttare parte dell'energia prodotta per "ricaricare" entrambi gli altri due sistemi energetici.

Il ripristino del sistema glicogeno-acido lattico, prevede una preventiva rimozione dell'acido lattico accumulato nei liquidi corporei. Tale rimozione può avvenire mediante riconversione ad acido piruvico, o mediante trasformazione in glucosio ad opera del fegato, il glucosio verrà convertito in glicogeno e immagazzinato nei muscoli.

Anche durante le prime fasi di una prestazione sportiva intensa viene intaccata parte della potenzialità energetica del sistema aerobico dell'individuo come conseguenza sia del cosiddetto debito di ossigeno, che della deplezione delle riserve di glicogeno dei muscoli.

Il debito di ossigeno è dovuto all'esaurirsi della riserva di ossigeno durante il primo minuto di intensa prestazione aerobica.

Il debito totale ammonta a circa 11,5 litri (di cui circa 3,5 di debito d'ossigeno alattacido ed i restanti 8 di debito d'ossigeno lattacido), da restituire dopo il compimento dell'attività.

Il metabolismo aerobico è legato all'attività della catena enzimatica ossidativa, quando si compie un lavoro si ha un aumento della spesa energetica, da cui un tempo di latenza dovuto alla differenza di tempo tra il comando motorio cerebrale e la latenza di risposta della catena enzimatica respiratoria. Tale tempo è influenzato anche dalla quantità di O_2 disponibile nei tessuti contrattili ed è compensato dal metabolismo anaerobico alattacido.

Quando il metabolismo aerobico raggiunge il massimo di picco si realizza il massimo consumo del volume di ossigeno (VO_2 max) ed in questa situazione non è possibile compensare il debito di ossigeno contratto e quindi il conseguente accumulo di acido lattico.

La stimolazione del metabolismo aerobico può essere submassimale quando si lavora ad un livello inferiore alla soglia di VO_2 max, ed il tempo di latenza energetico viene compensato dal sistema anaerobico alattacido, con adeguamento del debito di ossigeno durante l'attività fisica. Qualora la stimolazione sia massimale qualora la spesa energetica risulta tale da richiedere l'impiego del sistema anaerobico alattacido e successivamente anaerobico lattacido. L'accumulo di acido lattico (debito di ossigeno) non consente lunghi periodi di lavoro a questa soglia.

Cessata l'attività fisica, il consumo di ossigeno resta alto per consentire in un primo momento la ricostruzione del fosfagene ed il ripristino del debito d'ossigeno, e successivamente la rimozione dell'acido lattico.

Il ripristino delle risorse corporee di glicogeno muscolare è un processo ben più lungo che, a seconda della dieta dell'atleta, può richiedere da un minimo di 2 giorni per chi si alimenta prevalentemente con carboidrati, sino a ben oltre i 5 giorni (non sempre sufficienti) per chi ha una dieta ricca in proteine o grassi.

I glucidi sono la fonte energetica preferita dai muscoli che sfruttano sia ampie quantità di grassi (precedentemente degradati mediante betaossidazione) sottoforma di acidi grassi e acido acetico per la produzione di energia con una spesa di ossigeno maggiore del 15%, sia in minima parte protidi sottoforma di aminoacidi.

I grassi divengono anche la principale fonte energetica in tutte le discipline di endurance che, per loro natura, tendono ad esaurire le scorte di glicogeno muscolare. Ricordiamo peraltro che, il glicogeno, può essere accumulato anche nel fegato, che lo rilascia sottoforma di glucosio per il suo utilizzo nei muscoli.

Durante le gare di lunga durata è consigliabile reintegrare l'atleta con soluzioni di glucosio al 2-2,5% che possono fornire sino al 40% dell'energia richiesta.

Esiste un evidente nesso di causalità tra nutrizione e attività fisico-sportiva: un'adeguata alimentazione è alla base dell'attività fisica poiché essa fornisce il substrato energetico e i composti chimici che contengono energia potenziale la cui liberazione consente di compiere un lavoro biologico.

In funzione al tipo di esercizio sportivo diviene condizionante l'assetto metabolico, ovvero il tipo prevalente di metabolismo utilizzato ed i mezzi per potenziarlo.

Il processo anaerobico lattacido è coinvolto nelle seguenti attività sportive:

- attività individuali nelle quali la prestazione sia costituita da un impegno unico, massimo e di durata non superiore a 40/50 secondi;
- attività sportive individuali e di squadra, in cui la prestazione non sia di tipo uniforme, ma ci sia l'alternarsi di fasi di lavoro a impegno massimale e di fasi di impegno medio e di fasi di riposo.

Il processo anaerobico lattacido è coinvolto essenzialmente nelle seguenti attività sportive:

- attività individuali che si realizzano con un impegno unico di intensità costante, di durata

compresa tra i 40/45 secondi e i 4 minuti;

- attività individuali e di squadra nelle quali si richieda un impegno particolarmente gravoso e continuo.

Il processo aerobico è coinvolto in attività sportive caratteristiche per un impegno unico, continuo e con intensità pressoché costante, di durata superiore ai 4 minuti. A tale proposito si deve fare una distinzione tra:

- attività di durata compresa tra i 4 minuti e 10 minuti nelle quali è possibile mantenere il consumo di O_2 massimo e risintetizzare ATP tramite il processo anaerobico lattacido;
- attività di durata superiore ai 10 minuti in cui si può mantenere solo una percentuale del consumo di O_2 max e risintetizzare ATP tramite il processo aerobico.

In sostanza si tratta di sollecitare la muscolatura dei distretti corporei impegnati per:

- incrementare le scorte e l'interconversione del pool dei fosfati labili, elevando contemporaneamente il reclutamento del più alto numero di unità motorie, tramite prestazioni massimali di durata pari al tempo di autonomia del meccanismo nel caso del metabolismo anaerobico lattacido;
- incrementare il metabolismo dell'acido lattico tramite prestazioni massimali di durata non superiore al minuto, o tramite prestazioni multiple submassimali tali da provocare un incremento finale massimo di lattati, ed in grado di sviluppare nell'atleta la capacità di sopportare l'accumulo notevole della sostanza e incrementarne la capacità di smaltimento, tramite l'utilizzo come substrato energetico, della sostanza stessa, nel caso del metabolismo anaerobico lattacido;
- incrementare la massima utilizzazione di O_2 nell'unità di tempo tramite prestazioni specifiche richiedenti un metabolismo aerobico o migliorando l'utilizzazione nel tempo di una percentuale più elevata possibile di O_2 , nel caso del metabolismo aerobico.

Altrettanto degni di nota sono le modificazioni morfologico-funzionali a carico delle strutture cardiache che l'esercizio allenante è in grado di promuovere. Tali modificazioni, che consistono sostanzialmente in aumento delle dimensioni delle camere, in particolare del ventricolo sinistro (VS), nonché in ispessimento delle pareti, si realizzano in maniera tale da configurare un'entità

Come per il sistema cardiovascolare, l'iniziale incremento ventilatorio è in parte un riflesso condizionato ed in parte il risultato dell'irradiazione di impulsi della corteccia motoria. Se l'esercizio continua, l'andamento della respirazione viene influenzato dalla stimolazione di mecano recettori, di chemiorecettori (se viene prodotto lattato), e da ultimo, dell'ipotalamo (se vi è un aumento della temperatura corporea). Se aumenta la pressione ematica sistemica, possono anche essere presenti impulsi inibitori provenienti dai centri vasomotori.

Presi insieme, questi numerosi stimoli sembrano adeguati a giustificare l'entità della risposta ventilatoria all'esercizio, ma il meccanismo intimo della ventilazione e del metabolismo ad essa legato resta tuttora un problema aperto.

È ampiamente dimostrato quindi che l'attività fisica correttamente eseguita è in grado di migliorare le condizioni di salute e le capacità di prestazione dei soggetti sani di tutte le età e di entrambi i sessi, tutta-

via meno noto, ma altrettanto importante è che l'eccesso di tale attività può recare danni anche gravi.

Allo stesso modo è acquisito che l'inattività determina alterazioni nei vari organi e apparati che sono state descritte da Krause e Raab nella definita **malattia ipocinetica**.

La sindrome ipocinetica raccoglie nel suo ambito una serie di manifestazioni cliniche variabili e complesse che sembrano essere riconducibili nella loro essenza a fenomeni di ridotta attività muscolare.

L'ipocinesia è andata incrementandosi nei Paesi ad alta industrializzazione con l'espansione della tecnologia, che ha progressivamente sostituito il lavoro muscolare, e con l'invecchiamento.

L'inattività fisica determina un vero e proprio decondizionamento biologico che riguarda non solo l'apparato locomotore ma anche gli apparati cardiovascolare, respiratorio, endocrino-metabolico, neurosensoriale e psichico, schematicamente riassunte nelle tabelle successive.

Malattia Ipocinetica

APPARATO LOCOMOTORE

Muscoli:
 ↓ Tono, Trofismo muscolare ↓ Sistemi enzimatici energetici

Ossa:
 ↑ Perdita minerale

Articolazioni:
 ↑ Fenomeni degenerativi delle cartilagini ↑ Fragilità
 ↓ Flessibilità fino al 30%

Saggini R, Bellomo RG.

Malattia Ipocinetica

APPARATO CARDIOVASCOLARE

↑ FC a riposo ↑ Consumo O₂ da sforzo
 ↓ Gittata sistolica ↓ Indice cardiaco (Q/Sup. Corp.)
 ↓ Portata cardiaca ↑ Acido lattico
 ↑ Ipotensione ortostatica ↑ Dolore muscolare
 ↓ Adattamento a prove di lavoro

Saggini R, Bellomo RG.

Malattia Ipocinetica

APPARATO RESPIRATORIO

↑ Frequenza degli atti ventilatori
 ↑ Sproporzionato della ventilazione rispetto al lavoro eseguito
 ↑ Sproporzionato dell'O₂ rispetto al lavoro eseguito
 ↑ Spazio morto
 ↓ Ventilazione alveolare

↓ CV VMM FEV 1 VO₂max ↑ VR CFR

Saggini R, Bellomo RG.

Malattia Ipocinetica

SISTEMA ENDOCRINO METABOLICO

↓ GH Gonadotropine ADH Aldosterone
 ↑ Cortisolo catecolamine

↑ Colesterolo Trigliceridi
 ↓ Azoto proteico
 ↓ Omeostasi del glucosio → ↓ QR

Saggini R, Bellomo RG.

Malattia Ipocinetica

SISTEMA NEUROSENSORIALE e PSICHICO

- ↓ Attivazione di strutture nervose afferenti
- ↓ Coordinazione a livello centrale tra impulsi sensitivo-sensoriali e risposte vegetative e motorie
 - ↳ Risposta agli stimoli esterni ambientali
 - ↳ Risposta ai rapporti sociali
- ↑ Alterazione a carattere ansioso depressivo
 - ↳ Perdita volontà d'azione

Saggini R, Bellomo RG.

Malattie Cardiovascolari

Prevenzione Primaria

Soggetti inattivi	Soggetti attivi
1000 kcal/settimana	1000 kcal/settimana
↑ Rischio di morte del 25%	↳ ↓ del 20% rischio di morte <small>[Myers J. et al. Am. J. Med. 2004]</small>
maggiore per	>1000 kcal/settimana
Fumo	↳ ↓ del 35% rischio di morte <small>[Macera CA. et al. Med. Sci. Sports Exerc. 2001]</small>
Iperensione	Allenamento regolare
Obesità	↳ ↓ fino al 50% rischio di morte <small>[Warburton DE et al. CMAJ. 2006]</small>

Saggini R, Bellomo RG.

Malattie Cardiovascolari

Prevenzione Primaria

Soggetti inattivi → per 5 anni → Soggetti attivi

↓

rischio di morte del 44%

[BlairSN. et al. JAMA 1995]

Saggini R, Bellomo RG.

Malattie Cardiovascolari

Prevenzione Secondaria

Soggetti inattivi	Soggetti attivi
Miglioramento con attività programmata	Riabilitazione Cardiologica
Mortalità -26%	1.600 kcal a settimana (6.720 kj)
	↳ ↓ progressione della malattia coronarica
	2.200 kcal a settimana (9.240 kj)
	↳ ↓ placche in pazienti con malattia coronarica <small>[Franklin BA et al. J Cardiovasc Nurs 2003] [Hambrecht R. et al. J Am Coll Cardiol 1993]</small>

Intensità: 45% massima potenza aerobica
45% riserva frequenza cardiaca

Saggini R, Bellomo RG.

Risulta quindi evidente che l'inattività fisica costituisce di per sé una situazione patologica latente nei riguardi della quale l'esercizio costituisce una prevenzione primaria e secondaria, oltre che una terapia eziopatogenetica quando questa si sia instaurata.

Quindi nonostante siano noti i benefici dell'attività fisica, e altrettanto noti gli effetti dell'inattività, l'OMS afferma che oggi il 60% della popolazione pratica attività fisica insufficiente, ossia inferiore ai 30 minuti al giorno; e di questi il 38,4% sono sedentari assoluti, ovvero non praticano nessuna attività fisica ed il 31,2% sono sedentari relativi, cioè praticano attività motoria saltuaria.

Negli anni più recenti l'effettuazione di un'attività fisica programmata ha acquisito sempre maggior rilievo sia nei soggetti sani che malati. In particolare, a differenza che nel passato quando il soggetto malato veniva posto a riposo, l'attività

fisica è attualmente utilizzata quale prevenzione primaria e secondaria di varie patologie croniche ad alto impatto sociale, quali:

- le patologie cardiovascolari;
- il diabete;
- l'osteoporosi;
- il cancro.

Secondo l'OMS le malattie cardiovascolari comprendono: ipertensione arteriosa, la malattia coronarica, ictus, arteriopatie periferiche, cardiopatia reumatica, le cardiopatie congenite e le cardiomiopatie.

Sembra opportuno analizzare le acquisizioni più recenti relative agli effetti dell'attività o dell'inattività fisica nelle malattie croniche, sopra menzionate.

È evidente che l'attività fisica è essenziale nella prevenzione delle malattie croniche e della morte prematura.

Diabete di tipo II

Saggini R., Bellomo RG.

Prevenzione Primaria

Soggetti inattivi

↑ Rischio di morte prematura
[Gregg EW. et al Arch Intern Med 2003]

Soggetti attivi

500 kcal/settimana
↓ del 6% dell'incidenza
[Helmrich SP. et al. N Engl J Med 1991]

≥ 5.5 Mets 40 min/sett.
↑ fattori protettivi
[Lynch J. et al Arch Intern Med 1996]

>31 ml/O₂ /Kg/min
↑ fattori protettivi
[Lynch J. et al Arch Intern Med 1996]

n.b. un modesto calo di peso ed esercizio riduce incidenza malattia nella popolazione ad alto rischio nel 40-60% in 3-4 anni.

Diabete di tipo II

Saggini R., Bellomo RG.

Prevenzione Secondaria

Soggetti inattivi

↓ Attivi

↓ Migliora l'omeostasi del glucosio

↓ Diminuisce uso ipoglicemizzanti orali
[Boule NG. et al JAMA 2001]

Soggetti attivi

2 ore di marcia a settimana

↓ 34-53% complicanza cardiovascolari
↓ 39-54% morte prematura
[Gregg W. et al Arch Intern Med 2003]

Allenamento di resistenza

↓ Glicemia
↓ ipoglicemizzanti orali
[Dunstan DW. et al Diabets Care 2005]

150 min. attività moderata/sett.
↓ Metformina
[Boule NG. et al JAMA 2001]

Osteoporosi

Saggini R., Bellomo RG.

Prevenzione Primaria

Dopo i cinquanta anni:

perdita minerale fisiologica
0,3 nei maschi
0,8 nella donna in post-menopausa

↓ fragilità

[Warburton DE. et al Can J Appl Physiol 2001]

Soggetti inattivi

↑ perdita minerale fisiologica
↑ fratture

Soggetti attivi

Attività fisica regolare

↓ Rimodellamento dell'osso stimolando l'attività anabolica degli osteoblasti ↑

Osteoporosi

Saggini R., Bellomo RG.

Prevenzione Secondaria

Soggetti inattivi

↑ diminuzione minerale
↑ fratture

Soggetti attivi

Attività fisica regolare

↓ contenuto minerale
↓ osteoporosi
↓ fratture
[Kemmler W. et al Arch Intern Med 2004]

Allenamento di resistenza

↓ 1,4% di densità ossea corticale

Allenamento di agilità

↓ 0,5% di densità ossea corticale

Stretching

↓ 0,1% di densità ossea corticale
[Liu-Ambrose TY. et al J Clin Densitom 2004]

Cancro

Saggini R., Bellomo RG.

Prevenzione Primaria

Soggetti inattivi

↑ significativo del rischio di cancro endometriale
[Friberg E. et al Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2006]

Soggetti attivi

≥ 4,5 Mets/die.

↑ fattori protettivi
[Carter ND. et al Sports Med 2001]

Attività fisica regolare

↓ 30-40% incidenza del cancro del colon.
↓ 20-30% cancro del seno
[Lee IM. et al Med Sci Sports Exere 2003]

Cancro

Saggini R., Bellomo RG.

Prevenzione Secondaria

Soggetti inattivi

Soggetti attivi

Attività fisica moderata

↓ del 26-40% rischio relativo di morire
[Holmes MD. et al JAMA 2005]

↓ le recidive

↑ qualità di vita e benessere
[Galvao DA. et al J Clin Oncol 2005]

Diventa quindi fondamentale una corretta prescrizione.

Entità esercizio: uno sforzo troppo leggero non

ha capacità di evocare adattamenti, dall'altro un eccesso di sforzo può essere non solo dannoso ma talora provocare incidenti mortali.

Quantificazione del carico delle sedute

Intensità

Metodo diretto

Valutazione VO_{2max} in ergospirometria

Inizio esercizi al 60% VO_{2max} e progressivo incremento fino al 90%

Metodo indiretto

Valutazione Frequenza Cardiaca (HR)

Inizio esercizi al 60% HRmax e progressivo incremento fino al 90%
 $HR \text{ d'allenamento} = (HR_{max} - HR \text{ in posizione assisa}) \times 0,75 + HR \text{ a riposo}$
 $HR_{max} = 220 \text{ anni-d'età}$

Saggini R, Bellomo RG.

CRITERI PRATICI PER LA PRESCRIZIONE DELLA ATTIVITÀ FISICA

8) Durata e frequenza dell'esercizio

Inizio attività fisica:
 Durata: 20 min
 Frequenza: 3 volte a settimana

Dopo adattamento:
 Durata: 60 min. ed oltre
 Frequenza: 4-5 volte a settimana

9) La seduta dell'allenamento deve essere preceduta e seguita rispettivamente da **10-15 min. di riscaldamento e di defaticamento**

10) In caso di **mancato adattamento (dispnea tachicardia dolore precordiale)** in assenza di patologie, l'attività va continuata per un periodo più lungo ad uno step inferiore

Saggini R, Bellomo RG.

CRITERI PRATICI PER LA PRESCRIZIONE DELLA ATTIVITÀ FISICA

È necessario al fine di avviare qualsiasi soggetto ad una pratica sportiva che vengano effettuati:

- 1) Un accurato controllo clinico e strumentale mirato a valutare le condizioni fisiche di base
- 2) Un'attenta valutazione ergometrica delle riserve funzionali organiche, particolarmente quelle cardiocircolatorie e respiratorie al fine di adeguare la prescrizione alle capacità attuali del soggetto

Saggini R, Bellomo RG.

CRITERI PRATICI PER LA PRESCRIZIONE DELLA ATTIVITÀ FISICA

Saggini R, Bellomo RG.

11) Gli effetti dell'allenamento perdurano soltanto nel caso in cui gli esercizi vengano effettuati con costanza

Dopo 2 settimane → Diminuzione efficacia → Dopo 10 settimane → Ritorno al livello di base

12) Esercizi effettuati con pesi o molle

↑ la massa muscolare ↑ la forza muscolare
 = $VO_2 \text{ max}$ e quindi la performance globale.

Rischio Questi esercizi sono basati su contrazioni isometriche che determinano un sovraccarico cardiaco di pressione

In conclusione che modo l'esercizio allenante migliora la salute?

CRITERI PRATICI PER LA PRESCRIZIONE DELLA ATTIVITÀ FISICA

Saggini R, Bellomo RG.

3) **Attività aerobica costante** marcia, nuoto, corsa, ciclismo, etc.

Inizio HR al 60% della massima teorica per l'età

4) **Autoregolamentazione dell'intensità** tramite controllo frequenza del polso

Cardiofrequenzimetro o rilevamento diretto

5) **Adattamento all'esercizio**

HR ↓ = Adattamento → ↑ HR fino 80%

6) **Velocità di incremento** correlata con la rapidità d'adattamento

7) Oltre i valori dell'80% sono necessari controlli strumentali;

1. Migliora la composizione corporea

- ↳ riduzione dell'adipe addominale
- ↳ controllo del peso corporeo

2. Migliora il profilo lipoproteico

- ↳ riduzione dei livelli dei trigliceridi
- ↳ incremento delle lipoproteine ad alta densità
- ↳ diminuzione delle lipoproteine a bassa densità

3. Migliora l'omeostasi del glucosio e la sensibilità all'insulina

4. Riduce l'insulina

Saggini R, Bellomo RG.

segue

continua

5	Incrementa il tono vegetativo
6	Può ridurre l'infiammazione cronica L ridotti livelli circolatori di mediatori della flogosi come la proteina C reattiva
7	Migliora la funzione endoteliale
8	Migliora il flusso coronarico
9	Aumenta la funzione cardiaca
10	Diminuisce la coagulazione del sangue
11	Aumenta il benessere psicologico L riduzione stress L riduzione ansia L riduzione depressione

Saggini R, Bellomo RG.

In conclusione possiamo affermare che l'attività fisica deve essere raccomandata come terapia preventiva alla popolazione di tutte le età, tenuto conto che è di **facile esecuzione, basso costo** e che anche a **bassi dosaggi** induce significativi benefici sulle malattie croniche e sull'incidenza di morte prematura.

Quanto sopra scritto è di fondamentale rilievo per una corretta identificazione di una serie di programmi di esercizio a fini allenanti. A seconda delle diverse età della vita è evidente che diversi saranno le modalità operative per realizzare l'esercitazione allenante.

Recuperati i parametri cardiocircolatori e respiratori, nonché tono e trofismo muscolare dell'atleta, si deve essere tesi al raggiungimento della performance e alla riduzione delle recidive oltre che a supportare l'allenamento con un programma sport specifico di terza fase, teso a simmetrizzare le qualità prestative (23).

È noto come le tecniche di allenamento possano determinare effetti anche negativi sulla struttura corporea, in relazione al tipo di sport praticato. L'allenamento deve riflettere la richiesta fisica di un determinato sport con esercizi specifici per l'adattamento che quel determinato sport richiede; se l'allenamento è mirato solo alla forza, con training a carichi elevati vi sarà una predisposizione a traumi lesivi qualora azioni rapidamente esplosive si vengano a determinare in corso di esercizio fisico-sportivo.

Va sottolineato come l'equilibrio tra gruppi muscolari, che nel corso di un gesto ciclico agiscono alternativamente da agonisti e antagonisti, risulti essere di particolare importanza poiché qualora il rapporto di forza tra i due gruppi non fosse ottimale, quello più debole andrebbe facilmente incontro a un sovraccarico funzionale, caratterizzato ad esempio da uno

allungamento eccessivo in corso di contrazione eccentrica. Il danno risulterà proporzionale alla potenza e alla velocità di contrazione dell'agonista (24).

L'esercizio pliometrico è da sempre parte fondamentale di un allenamento sport specifico, tuttavia va osservato come alla capacità possibile di incremento dell'abilità di salto e di velocità spesso si contrappongono fenomeni di sovraccarico legati alle modalità di esecuzione dell'allenamento specifico ed inoltre tutto ciò si amplifica quando le superfici di gioco e le calzature risultano inadatte.

L'esercizio di corsa prolungata, anche se a frequenze moderate, al fine di aumentare la resistenza, si è dimostrato essere responsabile dell'insorgenza di sindromi da sovraccarico per disturbi di natura biomeccanica, resisi manifesti con sintomatologia dolorosa e impotenza funzionale a seguito dello stato di sommazione tradotto in disfunzione (25).

Nell'allenamento delle capacità condizionali, in particolare della forza di contrazione, uno sguardo va agli allenamenti con metodiche vibratorie. L'utilizzo dell'energia vibratoria in ambito clinico e/o sportivo è sempre più frequente, anche se le basi fisiologiche di questa metodica non sono riconosciuti in maniera univoca in letteratura.

L'"energia vibratoria" è un termine non appropriato in quanto la vibrazione è semplicemente un modo di propagazione di una forma di energia (magnetica, elettrica, acustica, termica, meccanica, etc.).

Naturalmente esistono diverse variabili che possono influenzare il tipo di vibrazione prodotta, siano esse l'intensità (millimetri di spostamento o più correttamente con unità di misura di forza come i Newton o grammi o chili), la frequenza (numero di oscillazioni nell'unità di tempo) e la durata dei cicli (tempo di erogazione od applicazione dell'oscillazione).

Le risposte adattative indotte nell'apparato neuromuscolare umano, sia di tipo metabolico che meccanico, sottoposto a vibrazioni sono ampiamente documentate. Le vibrazioni, applicate al ventre muscolare e/o alla struttura tendinea, oppure all'intero corpo, provoca l'innescò del "riflesso tonico da vibrazione" con conseguente aumento della forza contrattile dei muscoli sollecitati (26) e di quelli adiacenti (27). Gli adattamenti riguardano in modo particolare il sistema neuromuscolare a livello dei centri motori superiori e un miglior rendimento dei comandi nervosi preposti al reclutamento muscolare (28).

Le vibrazioni meccaniche prodotte dall'oscillazione di una superficie, per esempio le pedane "vibranti", inducono nel muscolo variazioni di lunghezza nell'ordine 1-2 mm con frequenze fra i 20 e gli 80 Hz: que-

sta frequenza permette di stimolare i fusi neuromuscolari (29). I risultati così ottenuti tuttavia avevano effetti non duraturi ed inoltre potenzialmente lesivi in quanto si è visto che variazioni di lunghezza superiori a 0,12 mm possono provocare lesioni delle fibre muscolari (30). Un nuovo approccio utilizzando vibrazioni mecano-sonore anziché applicare stimoli meccanici basati su variazioni di lunghezza muscolare, ha previsto l'impiego di uno specifico protocollo in grado di imporre solo variazioni di forza, con variazioni di lunghezza del tutto trascurabili. Il razionale alla base di queste applicazioni localizzate a singoli settori muscolari è focalizzato su una riattivazione delle capacità motorie del soggetto attraverso un incremento della sua propriocettività. Inoltre la possibilità di questa nuova tecnologia di produrre vibrazioni con una frequenza fino a 300 Hz permetterebbe di attivare non solo i fusi neuromuscolari ma anche gli organi del Golgi ed i meccanocettori di tipo III e IV. Studi recenti hanno dimostrato (31) che una stimolazione a 300 Hz permette d'avere un Long Term Potentiation (LPT), ovvero potenziamento a lungo termine (ovvero mesi) di selezionate reti nervose. Infatti sarebbe possibile con queste frequenze produrre potenziamenti plastici della rete propriocettiva utilizzando stimoli meccanici secondo paradigmi associativi pavloviani (32).

Inoltre biopsie muscolari, nel vasto laterale, effettuate in soggetti sottoposti a terapia vibrazionale acustica localizzata (300 Hz) (Fig. 1) hanno permesso di documentare un aumento del metabolismo ossidativo: infatti aumentano i trascritti per gli enzimi della fosforilazione ossidativa. Inoltre si ristrutturano la maggior parte delle proteine del sarcome-

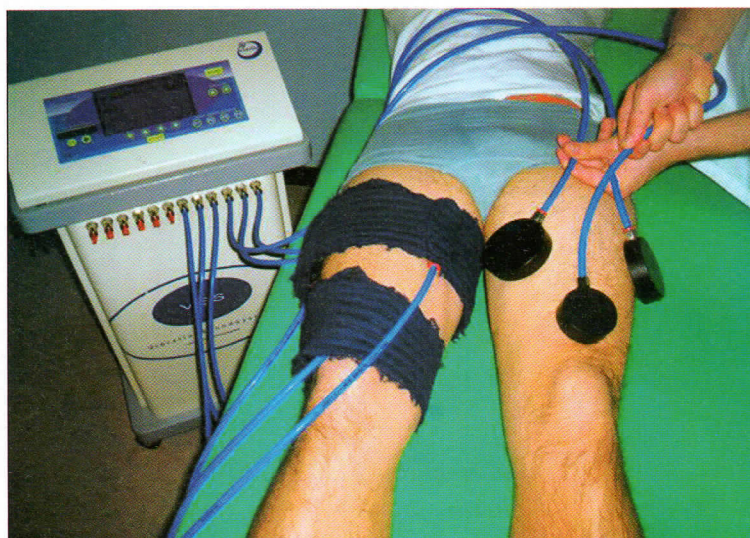
ro (titina, angiomotina, actinina: geni codificanti proteine della stria zeta; actina, enzima di polimerizzazione dell'actina: geni codificanti per proteine filamento sottile, folding della miosina; gene del recettore della Ryanodina di tipo 3 (dati personali in pubblicazione).

L'allenamento delle capacità coordinative si è spostato verso un approccio multisensoriale. Molti lavori hanno dimostrato come un allenamento che richiami contemporaneamente l'attivazione di più sistemi sensoriali effettuato in uno stato di disequilibrio porti ad un miglioramento delle capacità coordinative.

Inoltre l'importanza di un allenamento propriocettivo come mezzo di prevenzione degli infortuni ha portato allo sviluppo di nuove tecnologie atte ad massimizzare l'allenamento effettuato sulle classiche tavolette propriocettive.

Hu et al. (1994) (33) infatti hanno mostrato chiaramente come l'esecuzione di un compito motorio correlato ad un feedback audio visivo, cioè un approccio multisensoriale all'allenamento delle capacità coordinative, provochi un adattamento migliore con conseguenti migliori performance. In successivi studi Hue et al. (2004) (34) hanno rilevato un miglioramento dell'equilibrio statico dopo un programma d'allenamento su pavimento "schiumoso a celle aperte" rispetto a quello realizzato su pavimento duro.

Queste evidenze della letteratura hanno portato allo sviluppo di pedane basculanti dotate di feedback sensoriali che richiedono un continuo riallineamento dei piani e sottosistemi spaziali corporei al fine di mantenere una postura ottimale per esercitare una forza in spinta o trazione, con associato un feedback audio-visivo in tempo reale



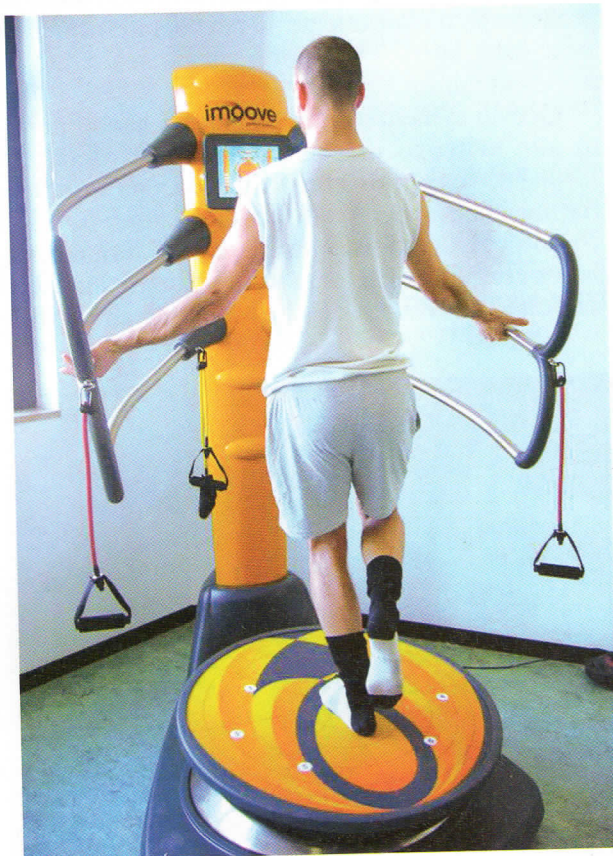
■ Fig. 1 – VISS (Vibration Sound System). Vibrazione acustico-meccanica sul muscolo quadricipite.



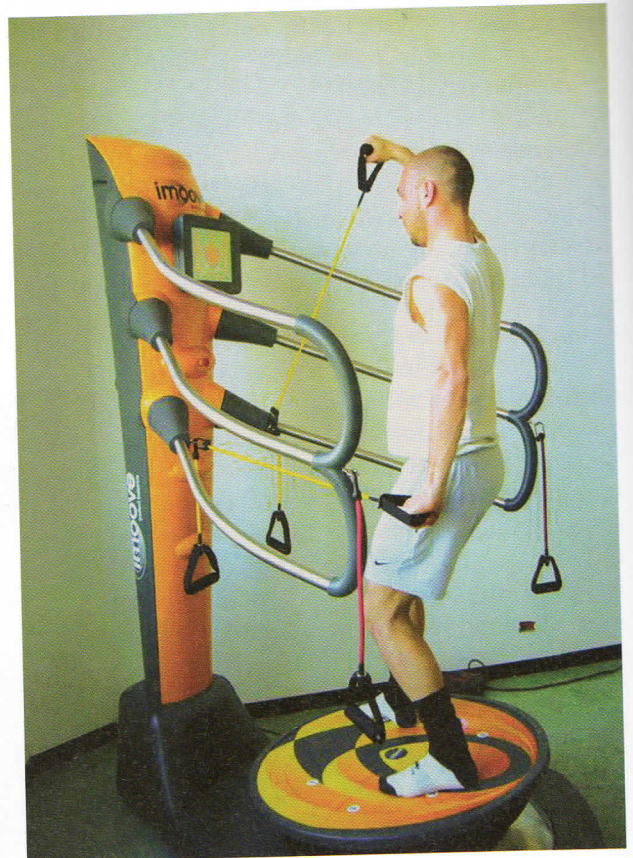
■ Fig. 2 – Piattaforma senso-motoria mobile tipo Huber.

che consente di monitorare le correzioni effettuate (Fig. 2). In sintesi al feedback si associa l'instabilità dovuta ai movimenti del piano basculante su cui il soggetto esegue il compito motorio.

La piattaforma dinamica ellittica del tipo Imoove, per esempio, è tesa a incrementare l'equilibrio in dinamica e in statica del sistema posturo-cinetico rispondendo ad una fase di apprendimento e ad una fase di allenamento attraverso la percezione di ogni sottosistema integrato (35,36) (Figg. 3-7). Il movimento ellittico indotto dalla piattaforma ripropone il movimento naturale, secondo le sollecitazioni in reclutamento a spirale delle catene muscolari riscontrato in tutte le attività dinamiche, dal semplice cammino allo sport di alto livello, con la sommazione dell'ampiezza del movimento e della velocità della traslazione. I movimenti in traslazione della piattaforma possono essere progressivamente inseriti a velocità e ampiezza scelte in rapporto alle capacità acquisite dal paziente che progressivamente allena le componenti posturocinetiche a un controllo dell'equilibrio in statica e in dinamica in risposta alla stimolazione vestibolo-spinale.



■ Fig. 3 – Equilibrio monopedalico a catena cinetica chiusa con pedana imoove.



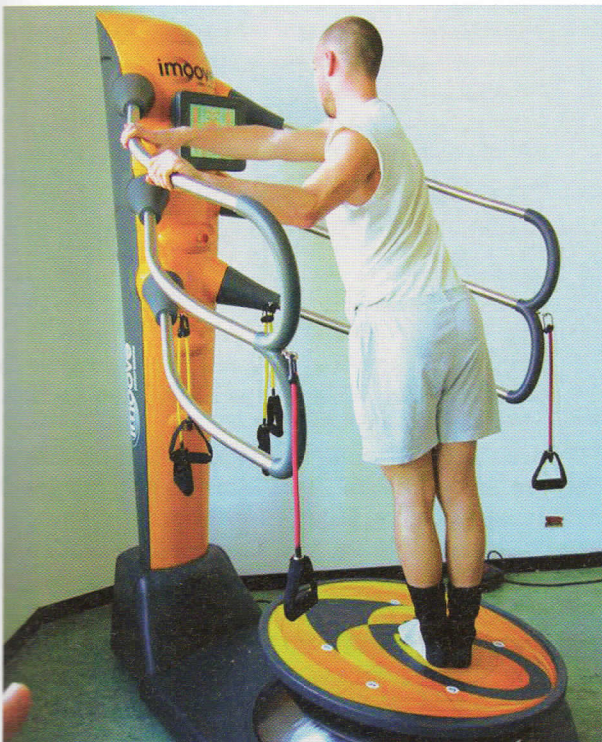
■ Fig. 4 – Bloccaggio posturale in contrazione asimmetrica, posizione dei piedi in affondo.



■ Fig. 5 – Bloccaggio posturale in contrazione simmetrica, catena cinetica chiusa, piedi extra ruotati.



■ Fig. 6 – Esercizio di allungamento del dorso, posizione simmetrica piedi divaricati.



■ Fig. 7 – Esercizio d'allungamento asimmetrico del tronco, piedi uniti.

È così che progressivamente si può raggiungere una sinergia allenante in reclutamento massimale dei muscoli agonisti e antagonisti a catena cinetica chiusa (37,38).

Nell'area degli sportivi per i quali la ricerca delle massime prestazioni meccaniche ed energetiche coniuga due specifici obiettivi quali il miglioramento prestativo e la prevenzione degli infortuni legati alle asimmetrie pregresse od indotte dal gesto sportivo medesimo, questo tipo d'allenamento ben programmato permette di perseguire i due obiettivi con lo stesso esercizio e in maniera più efficace, con la possibilità di quantificare il livello raggiunto.

BIBLIOGRAFIA

- (1) MANNO R., La forza negli sport. Principi metodi applicazioni pratiche. Torino: UTET, 2002.
- (2) PLATANOV V., Fondamenti dell'allenamento e dell'attività di gara. Perugia: Calzetti Mariucci Editori, 2004.
- (3) BRYAN G., WARD A., RIPPE J.M., Athletic heart syndrome. Clin Sports Med 1992; Apr 11(2) 259-72.
- (4) FAGARD R.H., Athlet's Heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience. Int J Sports Med 1996; 17: S140-S144.

- (5) GEORGE K.P., WOLFE L.A., BURGGRAF G.W., The "Athletic heart Syndrome". *Sports Med* 1991; 11: 300-30.
- (6) OAKLEY D., General cardiology: The athlete's heart. *Heart* 2001; 86(6)Dec: 722-6
- (7) PLUIM B.M., ZWINDERMAN A.H., VAN DER LAARSE A. et al., The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 2000; 101 (3) Jan 25: 336-44.
- (8) CHAPMAN J.H., Profound sinus bradycardia in the athletic heart syndrome. *J Sports Med Phys Fitness* 1982; 22(1): 45-48.
- (9) LONGHURST J.C., STEBBINS C.L., The power athlete. *Cardiol Clin* 1997; Aug 15(3): 413-29.
- (10) MOCKEL M., STORK T., Diastolic function in various forms of left ventricular hypertrophy: contribution of active Doppler stress echo. *Int J Sports Med* 1996; Nov 17 (Suppl 3): 184-90.
- (11) MORGANROTH J., MARON B.J., HENRY W.L. ET AL., Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med* 1975; 82(4): 521-524.
- (12) PELLICCIA A., CULASSO F., DI PAOLO F.M. EL AL., Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med* 1999; 130(5) Jan: 23-31.
- (13) BLOMQUIST C.G., SALTIN B., Cardiovascular adaptation to physical training. *Annu Rev Physiol* 1983; 45: 169-89.
- (14) DE MARIA A.N., NEUMAN A., SCHUBART P.J. et al.; Systematic correlation of cardiac chamber size and ventricular performance determined with echocardiography and alterations in heart rate in normal person. *Am J Cardiol* 1979; 43:1-9.
- (15) LEWIS J.F., SPIRITO P., PELLICCIA A. et al., Usefulness of Doppler echocardiographic assessment of diastolic filling in distinguishin "athlete's heart" from hypertrophic cardiomyopath. *Br Heart J* 1992; Sep 68(3): 296-300.
- (16) BAADER H.S., Cardiovascular adaptation in the trained athlete. *Sports Cardiology*, Bologna; 1980: 3.
- (17) MARON B.J., Structural features of the athlete's heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 190-203.
- (18) ADAMS T.D., YANOWITZ F.G., FISHER A.G. et al., Heritability of cardiac size: an echocardiographic and electrocardiographic study of monozygotic and dizygotic twins. *Circulation* 1985; Jan 71(1): 39-44.
- (19) FAGARD R.H., Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin* 1992; May 10(2): 241-256.
- (20) MC DOUGAL J.D., TUXEN D., SALE D.G. ET AL., Arterial pressure response to heavy resistance exercise. *Lournal of Applied Physiology* 1985; 58: 785-789.
- (21) URHAUSEN A., KINDERMANN W., Echocardiographic findings in strength and endurance trained athletes. *Sport Med* 1992; 13: 270-84.
- (22) PELLICCIA A., SPATARO A., GRANATA M. et al., Coronary arteries in physiological hypertrophy: ecocardiographic evidence of increased proximal size in elite athletes. *Int J Sports Med* 1990; 11: 120-6.
- (23) Knee kinematics and kinetics in former soccer players with a 16-year-old ACL injury – the effects of twelve weeks of knee-specific training. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2007; 17 Apr.
- (24) SAGGINI R., ROMANI G.L., *Esercizio fisico prevenzione e riabilitazione. Manuale interattivo illustrato e casi clinici simulati.* Ariete Telemedia S.r.l. Milano, ottobre 2000.
- (25) FROHM A., SAARTOK T., HALVORSEN K. et al., Continued sports activity, using a pain-monitoring model, during rehabilitation in patients with Achilles tendinopathy: a randomized controlled study. *Am J Sports Med* 2007; 35(6): 897-906.
- (26) BOSCO C. et al., "Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles" 1999; 79: 306-11.
- (27) SEIDEL H., "Myoelectric reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration" *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988; 57(5): 558-62.
- (28) MILNER-BROWN H.S., STEIN R.B., LEE R.G., "Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes" *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1975 Mar; 38(3): 245-54.
- (29) ISSURIN V.B., "Vibrations and their applications in sport" A review 2005 Sep; 45(3): 324-36.
- (30) NECKING L.E. ET AL., "Tissue displacement is a causative factor in vibration-induced muscle injury" *J Hand Surg* 1996; 21: 753-759.
- (31) SAGGINI R., SCUDERI N., BELLOMO R.G. ET AL., Selective development of muscular force in the rehabilitative context. *Europa Medicophysica* 2006; 42 (Suppl 1): 69-72.
- (32) WOLPAW J.R., TENNISSEN A.M., "Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease" *Annu. Rev. Neurosci* 2001. 24: 807-43.
- (33) LEPHART S.M., PINCIVERO D.M., GIRALDO J.L. et al., The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 1997; 25(1): 130-137.
- (34) HU M-H, WOOLLACOTT M.H., Multisensory training of standing balance in older adults: I-postural stability and one-leg stance balance. *J. Gerontol.* 49: M52-M61, 1994.
- (35) HUE O.A., SEYNNES O., LEDROLE D., COLSON S.S., BERNARD P.L., Effects of a physical activity program on postural stability in older people. *Aging Clin Exp Res.* 2004 Oct; 16(5): 356-62.
- (36) BEHM D.G., ANDERSON K., CURNEW R.S., Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res* 2002; 16: 412-416.
- (37) KOKKONEN J., NELSON A.G., ELDRIDGE C. et al., Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007 Oct; 39(10): 1825-31.
- (38) MACELLARI V., GIACOMOZZI C., SAGGINI R., Spatial - temporal parameters of gait: reference data and a statistical method for normality assesement. *Gait and Posture.* ed Elsevier U.K. 1999;1 (2) oct: 171-181.