

# NOTIZIARIO



## del SETTORE TECNICO

FEDERAZIONE ITALIANA GIUOCO CALCIO



N° 1 - 2003  
www.figc.it

# LA NAZIONALE ITALIANA DI CALCIO A 5 CAMPIONE D'EUROPA



CASERTA - 24 FEBBRAIO 2003



# NUOVE FRONTIERE: NEUROFISIOLOGIA E ALLENAMENTO

a cura di Guido Maria Filippi\*

## INTRODUZIONE

**E**siste una separazione misurabile in numerosi decenni di ricerche tra le acquisizioni della neurofisiologia e le pratiche di allenamento sportivo. La ricerca neurofisiologica sia per la sua complessità, sia per l'apparente lontananza dalle problematiche del "campo" dell'allenamento resta quasi estranea all'allenamento e alle sue problematiche.

Ancora oggi, la gran parte dell'allenamento si volge solo al motore: il muscolo.

Ancora oggi sono per la più sconosciute nella pratica dell'allenamento sportivo le possibilità di intervento sul vero pilota ed artefice delle nostre prestazioni motorie: il Sistema Nervoso Centrale. In realtà questo è oggi il problema cruciale, in considerazione dei livelli raggiunti dall'agonismo. Se "costruire" un rilevante volume muscolare è oggi un problema relativamente semplice, per costruire un campione serve anche la capacità di gestire tale muscolo (*Principles of neural science*, Eds Kandel ER, Schwartz JH and Jessell TM, Elsevier NY, 1991). Si consideri inoltre che la "fatica" e il processo noto come "spezzare la fatica" sono primariamente

aspetti neurofisiologici anziché muscolari.

Scopo di questo articolo è delineare:

- il ruolo del Sistema Nervoso nel determinare le proprietà muscolari e il problema ed i vantaggi nell'ottimizzazione del controllo muscolare (Parte I);
- le odierne possibilità di intervenire con l'allenamento direttamente sulla gestione muscolare eseguita dal Sistema Nervoso Centrale allo scopo di ottenere performance muscolari superiori, evitando qualunque intervento dannoso alla salute dell'atleta, ovvero utilizzando solo meccanismi neurofisiologici (Parte II).

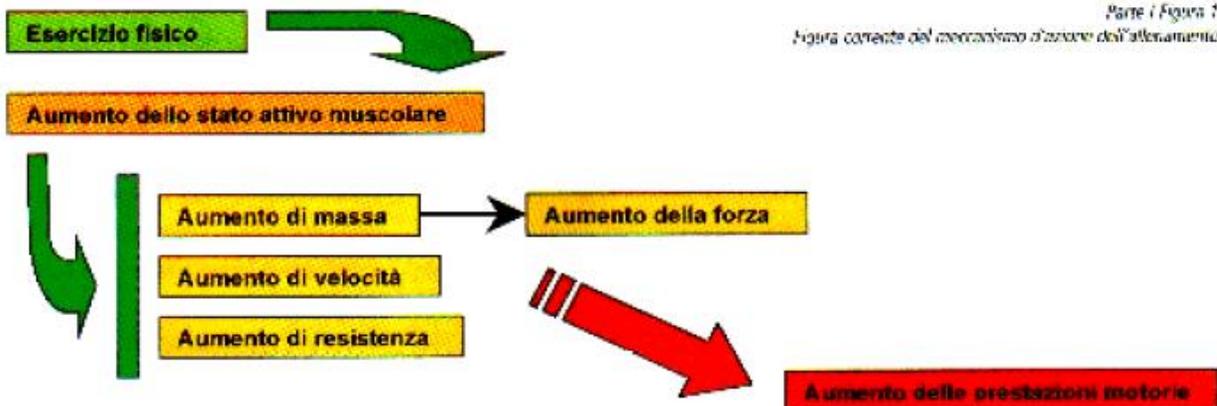
## PARTE I

### RUOLO DEL SISTEMA NERVOSO NEL DETERMINARE LE PROPRIETA' MUSCOLARI

È parte dell'insegnamento corrente di medicina e di tutti i corsi biologici universitari e parauniversitari l'asserito secondo cui il lavoro muscolare è condizione essenziale allo sviluppo, al potenziamento, al miglioramento in generale della funzione motoria (figura 1).

Parte I Figura 1

Figura concettuale del meccanismo d'azione dell'allenamento



\*Medico Chirurgo - Professore Assistente di Fisiologia Umana - Facoltà di Medicina e Chirurgia - Università Cattolica di Roma

Tale affermazione è solo parzialmente vera.

**Se da tale affermazione discende che il lavoro fisico è il responsabile del miglioramento della performance motoria, l'affermazione diviene sbagliata.**

La neurofisiologia ha infatti dimostrato dagli anni '60 (*Principles of neural science*, Eds Kandel ER, Schwartz JH and Jessell TM. Elsevier NY, 1991) che la quantità quotidiana di comando nervoso che giunge alle fibre muscolari, in media, nel corso delle 24 ore è responsabile della massa muscolare. La distribuzione temporale (pattern) con cui tali comandi giungono alle stesse fibre determinano, almeno in larga misura, il corredo enzimatico delle fibre muscolari e dunque le proprietà di resistenza alla fatica, la quantità di energia meccanica liberata nell'unità di tempo, la capacità di regolare la rigidità articolare (CITAZIONE). (Figura 2.)

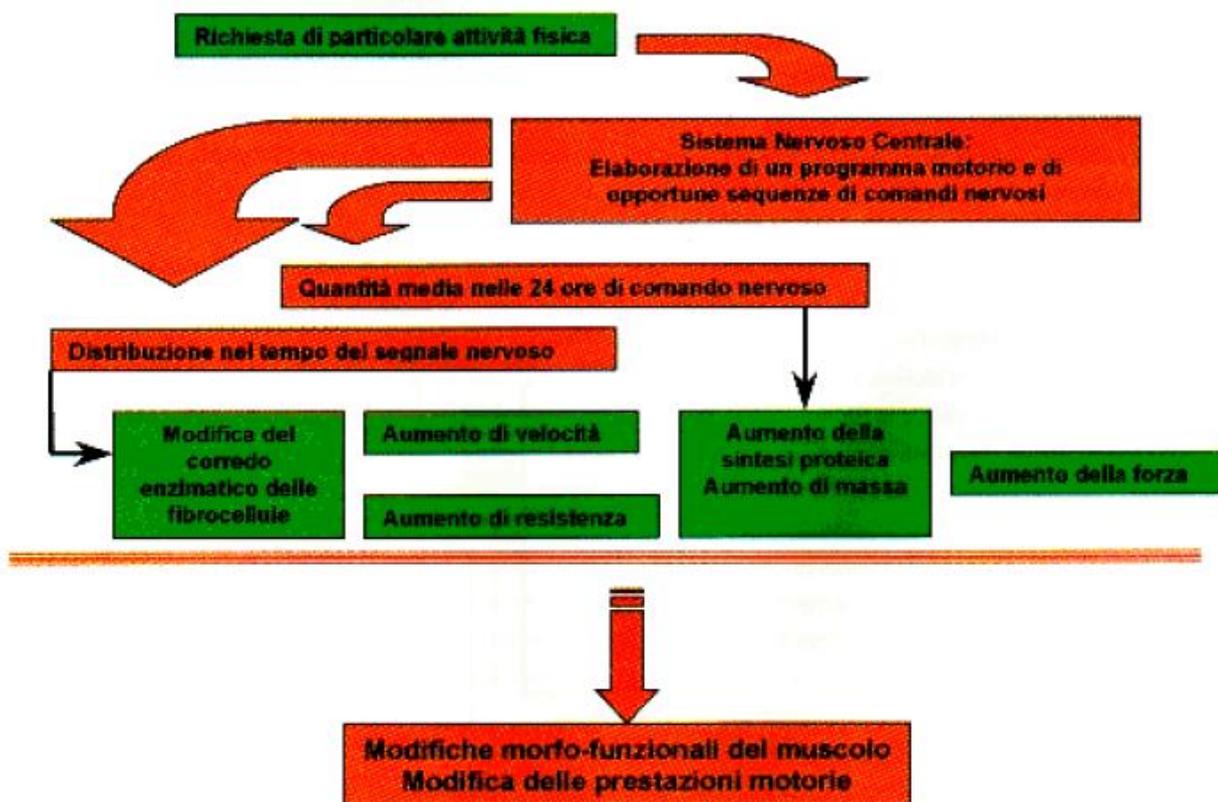
Cambiare la quantità di comando nervoso che arriva al muscolo

nelle 24 ore e/o il pattern di tale comando significa cambiare il muscolo. Si dice che il muscolo, per la sua capacità di essere modificato sotto il profilo strutturale e/o biochimico è plastico (Myology Engel AG e Franzini-Armstrong C 1994). Tale fondamentale aspetto dà ragione della necessità dell'allenamento quotidiano per l'atleta di alto livello.

È dunque il comando nervoso al muscolo che viene a determinare le caratteristiche dello stesso muscolo. In ogni soggetto dunque lo stato del muscolo, inteso come dimensioni e composizione enzimatica delle unità motrici, dipende dal tipo (quantità e pattern) di comando nervoso che le sue abitudini motorie quotidiane richiedono. Ecco che si delinea la vera sequenza responsabile dello stato dei nostri muscoli: il soggetto individua alcune necessità motorie (camminare, allenarsi, fare ogni giorno delle rape di scale o sedere prevalentemente in macchina ecc.), il Sistema Ner-

Parte 1 Figura 2

Figura del reale meccanismo d'azione creata dall'allenamento



vaso guida il suo attuttore meccanico (il muscolo) a sviluppare l'energia meccanica secondo sequenze di attivazione e deattivazione il più possibile adeguate.

Dunque il lavoro, l'esercizio fisico è solo un artificio mediante il quale riusciamo, in modo indiretto ed empirico, ad attivare le nostre reti nervose facendogli inviare sequenze di comandi alle fibre muscolari adeguate a sviluppare un certo tipo di massa muscolare e un certo tipo di funzione.

La tecnica è **indiretta** in quanto agisce sull'artefice del nostro stato muscolare indirettamente, creando delle esigenze (devo correre e correre in un certo modo).

La tecnica è **empirica** perché ignoriamo quale sia il comando migliore che le reti neurali devono produrre per sviluppare un apparato neuromuscolare adeguato a creare un velocista.

Il responsabile del nostro stato muscolare è il comando nervoso.

#### IL PROBLEMA ED I VANTAGGI DELL'OTTIMIZZAZIONE DEL CONTROLLO MUSCOLARE

Il Sistema Nervoso non interviene solo nel determinare massa e caratteristiche enzimatiche muscolari, esiste infatti un secondo aspetto della funzione motoria ancor più cruciale nella resa sportiva: la gestione della muscolatura disponibile.

È esperienza comune come negli atleti masse muscolari superiori non sono necessariamente espressione di gesti atletici migliori. La velocità di esecuzione, la potenza, la precisione di un movimento, la resistenza appaiono dipendere da qualcos'altro che non il muscolo.

Ancora una volta si delinea l'equivoco di fondo: il muscolo è solo un motore, il pilota è il nostro Sistema Nervoso e la resa dipende largamente da come egli sa gestire il motore.

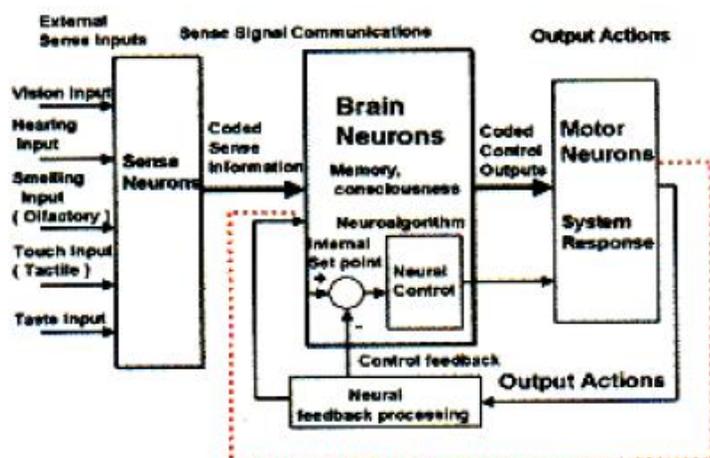
Esempi drammatici di questo aspetto li possiamo vedere negli effetti di farmaci in grado di agire sul Sistema Nervoso Centrale (es. Cocaina, Anfetamine ecc.). Accanto ad un'azione devastante sul fisico e su molte funzioni nervose superiori, le prestazioni, a parità di masse muscolari, aumentano drasticamente.

Con ancor maggiore evidenza le potenzialità del nostro Sistema Nervoso nel gestire la funzione motoria si osservano nelle crisi di pazienti psichiatrici, in grado di sviluppare forze assolutamente sorprendenti.

Si può dunque affermare che la prestazione muscolare e più ancora l'efficacia di un gesto atletico dipende primariamente da come il nostro Sistema Nervoso gestisce la rete muscolare. Tale affermazione, quotidianamente verificabile nell'allenamento (l'atleta "deve metterci la testa"), poggia sul fatto che un ottimale sfruttamento del motore muscolare da parte del Sistema Nervoso implica un'ottimizzazione dei tempi di contrazione e rilasciamento dei muscoli principali rispetto agli stabilizzatori e agli antagonisti. Contemporaneamente, per evitare dispersioni di forza è cruciale conservare il peso del nostro corpo ben centrato rispetto alla posizione dei nostri piedi (problema del controllo del centro di massa). La complessità di tali processi è straordinaria (si consideri lo schema in figura 3 che dà solo un'idea semplificata della complessità); si consideri che la semplice deglutizione, nella quale non esistono problemi di equilibrio richiede l'attivazione in sequenza di più di 28 gruppi muscolari in meno di 400 msec.

La figura 3 mostra i circuiti elementari implicati in qualunque atto motorio volontario. La figura mette in risalto il ruolo delle informazioni sensoriali, senza le quali ogni movimento è del tutto impossibile.

Parte I figura 3  
Sistemi di controllo per l'esecuzione motoria





Parte I figura 4  
Problemi dell'ottimizzazione della prestazione motoria

La possibilità di una corretta gestione di tali procedure motorie dipende sia da strutture nervose aduate, sia da un'incessante raccolta di informazioni che il Sistema Nervoso riesce a raccogliere dalla periferia e, naturalmente, da come riesce ad analizzarle.

Per esemplificare possiamo paragonare la muscolatura disponibile ad una macchina di grande potenza. Se l'auto è impegnata su un rettilineo, la sua prestazione sarà quasi indipendente dal pilota. Se il percorso è molto variato, la qualità del pilota può stabilire delle imponenti differenze di resa a causa di differenti capacità nel gestire la potenza disponibile. Aumentare la potenza della macchina non necessariamente migliorerà la prestazione del pilota più modesto, anzi l'aumento di peso dell'auto potrebbe ulteriormente accrescere il divario di prestazione.

In conclusione si può affermare che la prestazione motoria di-

pende quasi interamente dal Sistema Nervoso, sia perché lo stato dei nostri muscoli dipende dalla quantità e dal tipo di comando nervoso, sia perché l'efficacia della struttura muscolo-articolare dipende dalla qualità della gestione della stessa da parte del Sistema Nervoso Centrale.

Il problema cruciale dell'allenamento diviene allora l'ottimizzazione del comando nervoso. Tale funzione risiede all'interno del Sistema Nervoso Centrale.

Per sviluppare la muscolatura il trainer agisce in modo *indiretto* sul Sistema Nervoso proponendo compiti ed esigenze motorie diverse (tabelle di allenamento). Per ottimizzare la funzione del Sistema Nervoso è però indispensabile intervenire *direttamente* sul Sistema Nervoso Centrale (vedere Figura 3).

La neurofisiologia dispone di una serie di metodiche per ottenere tale ottimizzazione.

**PARTE II  
UNA NUOVA FRONTIERA**

**L'OTTIMIZZAZIONE DEL GESTO ATLETICO MEDIANTE  
AZIONE DIRETTA SUL SISTEMA NERVOSO CENTRALE**

**DA PARTE DELL'ALLENATORE O DEL PREPARATORE ATLETICO**

La prima domanda ovviamente è: "è possibile?".

La risposta è **assolutamente affermativa**. La possibilità di modificare il modo di lavorare del nostro Sistema Nervoso è alla base dell'apprendimento, qualunque esso sia: imparare ed usare un nuovo numero di telefono o imparare ed attuare un gesto atletico implicano entrambi una modifica delle reti nervose che dovranno memorizzare ed utilizzare quanto appreso. **L'uomo, con le sue reti nervose, è in grado di apprendere, dunque le sue reti nervose si possono modificare.** La neurofisiologia ha iniziato a mettere a fuoco tali possibilità e tali processi intorno al 1920 con Pavlov. Sono state individuate moltissime tecniche in grado di modificare, potenziandole, selezionate reti neurali, allo

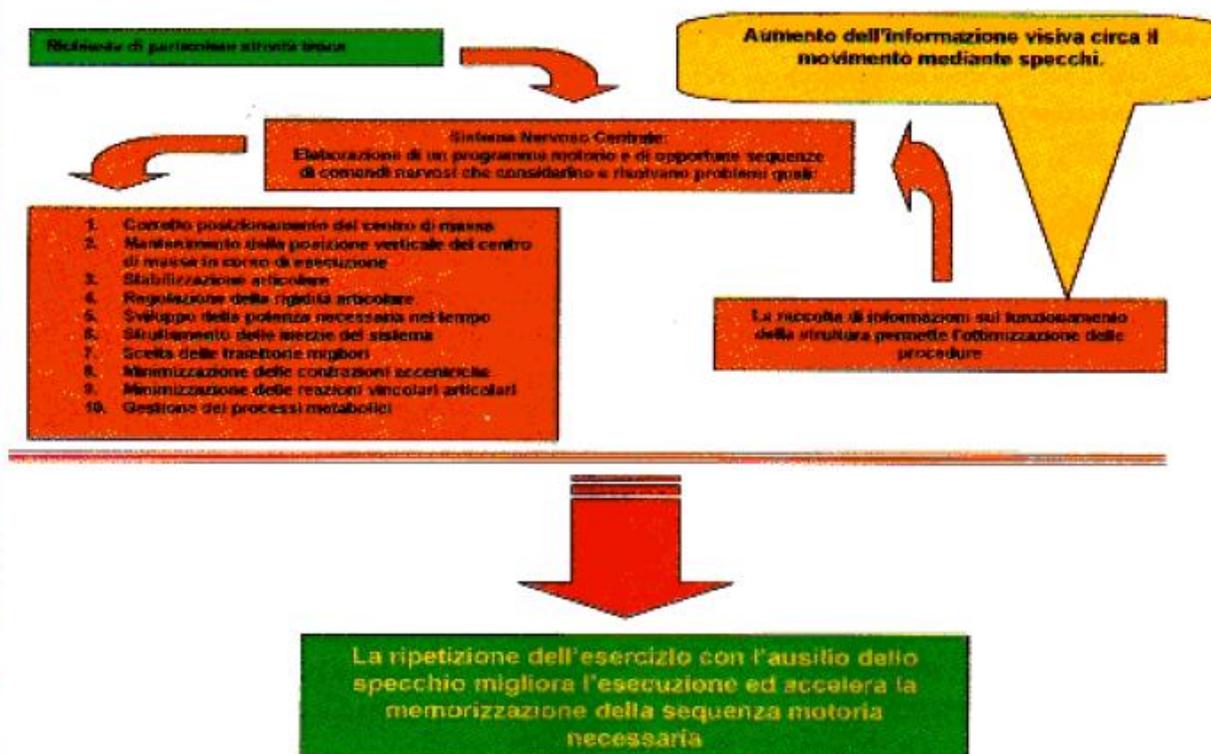
scopo di esaltare alcune funzioni. La letteratura scientifica ogni anno pubblica migliaia di articoli su tali temi.

In questa sede daremo una sintesi delle possibilità applicative. Le tecniche di modifica delle reti nervose sono dette anche paradigmi di condizionamento neurale e danno luogo a fenomeni di potenziamento o, di depotenziamento di selezionate funzioni.

**TECNICA DEL CONDIZIONAMENTO DI TIPO OPERATIVO**

Alcuni di questi paradigmi sono quotidianamente in uso. Il soggetto si esercita dinanzi ad uno specchio, utilizzando l'informazione visiva per correggere un determinato movimento. Tale tipo di paradigma prende il nome di "condizionamento di tipo operativo": soggetto migliora operando e studiando il suo operato, vedere figura 1. Tale procedura è ampiamente utilizzata in riabilitazione, anche con l'ausilio di strumenti elettronici in grado di informare il paziente di come sta facendo lavorare i suoi muscoli (bio-feedback

Parte II Figura  
Il Condizionamento operativo nell'ottimizzazione della prestazione motoria



È altresì di largo impiego nelle palestre dove gli specchi non hanno solo lo scopo di dare soddisfazione al proprio narcisismo.

I paradigmi di condizionamento operativo funzionano. Il movimento migliora, l'esecuzione motoria, dunque il gesto atletico, viene ottimizzata. Hanno però due limiti notevoli. Il primo risiede nell'impegno del soggetto: maggiore è la concentrazione del soggetto a ciò che sta facendo, maggiore è il risultato. È difficile mantenere elevata per lungo tempo la concentrazione. Il secondo limite è ancor maggiore: **usare tale tecnica per ottimizzare un movimento di estensione della gamba, non implica un'ottimizzazione di tale atto in qualunque esecuzione motoria, ma solo in quel particolare movimento in quelle particolari condizioni.** Esempificando, un'ottimizzazione del movimento di leg extension avrà effetti molto modesti alla pressa, o esercitarsi nel tirare i rigori, non implica un simile miglioramento anche nel tirare le punizioni.

#### TECNICA DELL'ALFA-CONDIZIONAMENTO UNA NUOVA FRONTIERA PER TRAINING PULITO

Esiste una seconda procedura di ottimizzazione motoria che appare rivoluzionaria. Si basa sulla tecnica di Alfa-conditioning. Ad una stessa rete nervosa da condizionare sono presentati due stimoli contemporanei. I due stimoli si miscelano nella rete nervosa che li riceve e danno luogo ad un potenziamento a lungo termine

Parte II Figura 2  
Figura dell'Alfa-condizionamento



(Long Term Potentiation, LTP) di detta rete nervosa (Figura 2). Tale potenziamento risulta essere di lunghissima durata (settimane o mesi) a fronte di trattamenti della durata di minuti o ore, non richiede concentrazione o partecipazione da parte del soggetto, si rivela in tutta la sua efficacia ogni qual volta la rete nervosa sia attivata. Questa procedura, nota dal 1920, è stata impiegata fino agli anni '80 solo per ricerche scientifiche. La sua applicabilità a pazienti o soggetti sani era impedita da una complessità procedurale apparentemente insormontabile.

Negli anni '80 un gruppo americano diretto da Wolpaw JR ha presentato un ampio corpus di lavori scientifici di alta qualità (*Brain Res* 278: 299-304. 1983; *J Neurophysiol* 57: 443-458. 1987; *Med Sci Sports Exerc* 16: 1475-1479. 1994; *J Neurophysiol* 50: 1296-1311. 1983; *J Neurophysiol* 61: 563-572. 1989; *Exp Brain Res* 75: 35-39. 1989; *J Neurophysiol* 55: 272-279. 1986; *J Neurophysiol* 50: 1312-1319. 1983; *J Neurophysiol* 73: 867-871. 1995; *J Neurophysiol* 72: 431-442. 1994; *J Neurophysiol* 73: 1365-1373. 1995) in cui si è data ampia dimostrazione circa l'applicabilità su scimmie di una particolare tecnica di condizionamento neurale in grado di incrementare la potenza del segnale propriocettivo sulla rete di controllo motorio fino ad oltre il 140-180%. La procedura era basata sull'applicazione di allungamenti al territorio muscolare da trattare. Tali variazioni di lunghezza erano leggibili dalle centinaia di sensori nervosi specifici presenti nel territorio. Tali stimoli meccanici erano applicati mentre la scimmia teneva in attività la muscolatura su cui gli allungamenti erano applicati. Gli effetti ottenuti persistevano per mesi: la rete nervosa aveva imparato a gestire l'informazione propriocettiva e l'aveva memorizzata. Lo stesso gruppo presentava una review sulle applicazioni possibili in medicina riabilitativa, sportiva e nell'allenamento.

Recentemente è stata sviluppata una procedura destinata a incrementare potentemente la sensibilità propriocettiva ed in grado di applicare procedure simili a quelle del gruppo di Wolpaw, secondo il paradigma di Pavlov dell'Alfa-conditioning. Tale strumento è stato sviluppato dalla NEMOCO (Neuromotor Controlling Operators) e si rimanda alla sezione scientifica del suo sito internet ([www.nemoco.it](http://www.nemoco.it)) in cui è disponibile un'ampia ed approfondita documentazione scientifica, sia sullo strumento denominato CRO SYSTEM (Counter Reaction Loop System), sia sugli aspetti neurofisiologici della procedura. Lo strumento e la proce-

dura applicativa sono impostati in modo da applicare sequenze di microforze isometriche destinate a propagarsi nei territori muscolo-articolari da trattare e ad essere lette dai sensori nervosi specifici (primo stimolo dell'Alfa-conditioning), mentre il soggetto tiene in leggera contrazione isometrica la muscolatura. Tale contrazione implica un flusso di segnali (secondo stimolo dell'Alfa-conditioning) dalla corteccia cerebrale alla medesima rete di neuroni su cui giungono i segnali di forza. La tecnica dà luogo come già dimostrato dalla letteratura di Wolpaw e di altri autori (4th World Meeting of Brain Injury, Turin 2001 *100 hz neuromuscular vibratory stimulation for the treatment of walking disorders after brain injury*) ad un considerevolissimo incremento della sensibilità propriocettiva del territorio trattato all'interno della sua rete nervosa di controllo che riceve il duplice segnale. Tale incremento, persistente per mesi, si manifesta ogni qualvolta la funzione è chiamata in gioco, ovvero in qualunque atto motorio del territorio trattato.

Per chiarire le implicazioni di tali risultati è opportuno considera-

re come la funzione propriocettiva intervenga non solo nel tono muscolare, nel coordinamento motorio e nel determinare la fluidità del movimento, ma, secondo recenti ed seri dati, anche nel controllo della forza e soprattutto della percezione di fatica (Hagbarth KE And Macefield VG. *Adv Exp Med Biol* 384: 259-270, 1995. Hagbarth KE et al. *J Physiol* 485: 865-872 1995).

Si può facilmente comprendere come la strada aperta dal gruppo americano introduca una nuova concezione applicativa dell'allenamento, direttamente orientata sui sistemi nervosi di gestione. Si consideri d'altra parte come la procedura dei paradigmi di condizionamento sia di fatto assolutamente circoscritta alle reti nervose che ricevono gli stimoli sopra considerati.

Infine come fisiologo non posso non rilevare come le procedure Pavloviane siano solo processi di ottimizzazione delle funzioni nervose che fanno leva unicamente su meccanismi fisiologici: nulla di farmacologico è introdotto, il sistema biologico non è spinto oltre i suoi limiti, ma solo posto in condizione di lavorare più vicino al suo meglio.

Parte II Figure 3

Alfa-conditioning sulla propriocezione

