

# Origine degli accorciamenti muscolari: integrazione dei sistemi causali

dott. Mauro Lastrico – dott.ssa Laura Manni

## Introduzione

In altri articoli abbiamo analizzato come le dominanze vettoriali dei singoli distretti determinino specifiche configurazioni scheletriche.

Tuttavia, per comprendere il sistema muscolo-scheletrico, è necessario approfondire perché i muscoli tendono ad accorciarsi e quali meccanismi innescano questo processo.

L'accorciamento muscolare non è un fenomeno casuale, ma il risultato di precisi meccanismi fisiologici che portano all'aumento del tono basale.

Quando questo aumento di tensione si protrae nel tempo, coinvolge progressivamente la componente connettivale della fibra muscolare, determinando l'accorciamento residuo permanente che abbiamo osservato nell'analisi segmentaria.

L'aumento del tono basale può essere indotto da tre diversi sistemi che utilizzano il muscolo come effettore finale: il **sistema psicosomatico**, il **sistema neurofisiologico** e il **sistema biomeccanico**.

Ciascuno di questi sistemi può agire indipendentemente o in sinergia con gli altri, determinando quella complessa realtà clinica che osserviamo quotidianamente.

Questa distinzione orienta le strategie terapeutiche, discriminando i casi in cui l'intervento deve essere prevalentemente rivolto al sistema muscolare da quelli in cui è necessario agire primariamente su altri apparati.

## 1 Il Modello Psicosomatico

Le prime formulazioni sulla profonda relazione esistente tra psiche e soma, tra struttura caratteriale e struttura muscolare, risalgono agli anni venti del secolo scorso ad opera di W. Reich e successivamente di A. Lowen.

Con i suoi primi scritti Reich, medico e psicoanalista, allievo di Freud, andò via via affermando l'identità funzionale tra processi psichici e processi somatici, mettendo in relazione la struttura caratteriale con la struttura corporea della persona.

Le tensioni accumulate nel corpo e la messa in atto di atteggiamenti finalizzati a bloccare le proprie emozioni danno luogo, secondo lo studioso, a una duplice corazza.

Si tratta di una corazza caratteriale, intesa come quell'insieme di atteggiamenti psichici e comportamentali caratteristici di un individuo, che ha un corrispettivo somatico in una corazza muscolare.

Tali strutture funzionano come un apparato di difesa contro stimoli sia interni che esterni avvertiti dal soggetto come minacciosi, con la finalità di evitare sentimenti di angoscia.

Descritto anche in ambito ortopedico come "stato miotensivo psicogeno", lo stato di tensione muscolare cronica rappresenta il processo forse più evidente con cui l'Io esprime i propri vissuti emotivi nel corpo.

## 1.1 Sviluppi della Ricerca Psicosomatica

Alexander Lowen approfondì le ricerche in questo campo e arrivò alla formulazione di un vero e proprio procedimento terapeutico chiamato Analisi Bioenergetica.

Egli si dedicò allo studio della relazione tra i livelli cognitivo, emozionale e corporeo propri di ogni persona, con particolare attenzione alle funzioni scheletriche e alla muscolatura volontaria.

A livello psicofisiologico, le tensioni muscolari rappresentano il principale strumento difensivo dell'Io espresso a livello corporeo e, in quanto tali, possono determinare un modellamento dell'atteggiamento corporeo nel suo insieme.

Si può quindi affermare che anche la struttura muscolare evidenzia la storia personale di un individuo.

La relazione tra configurazione corporea e personalità è ormai supportata da numerose ricerche scientifiche portate avanti da studiosi provenienti da scuole diverse.

Per rappresentare ogni singolo individuo nella sua unità psicosomatica, accanto agli aspetti muscolo-tensivi è essenziale far riferimento anche ai fattori, psico-neuro-endocrini, considerati come il sistema di mediazione e di modulazione tra componenti psichiche ed emotive da un lato e fattori organici e biologici dall'altro.

## 1.2 Meccanismo della Corazza Muscolare

La formazione della corazza corporea avviene attraverso l'innalzamento del tono basale, cioè con un eccesso di tensione della porzione contrattile della fibra muscolare.

Se questa condizione perdura nel tempo viene interessata anche la porzione connettivale, dando luogo all'accerchiamento vero e proprio del sistema muscolare che produrrà l'alterazione della corretta successione articolare.

Così uno stato miotensivo a partenza emozionale può evolvere e associarsi a una problematica biomeccanica.

## 2 Il Modello Neurofisiologico

Il tono muscolare è la risultante di una complessa serie di processi psico-neuro-fisiologici all'interno di un sistema di tipo cibernetico: il sistema tonico posturale.

Tale sistema ha delle entrate ben definite, costituite dalle informazioni provenienti dai recettori specifici tra cui: il piede, l'occhio, l'apparato stomatognatico, la cute e l'apparato muscolo-scheletrico.

Gli studi neurofisiologici hanno preso in esame con grande attenzione l'aspetto delle interferenze recettoriali, in quanto l'output del sistema, ossia il tono muscolare, risulta essere condizionato dagli input, cioè dalle informazioni in entrata.

Il tono muscolare, tuttavia, pur essendo conseguenza degli input in entrata, rappresenta anche il prodotto di ciò che viene elaborato dal sistema nervoso centrale, in base a specifici processi neuropsicologici e all'esperienza.

## 2.1 Controllo Corticale e Sottocorticale

Un disequilibrio non indica necessariamente un problema originato a livello delle entrate sensoriali, perché potrebbe essere collegato a una non corretta integrazione del sistema centrale.

I centri corticali sono coinvolti nella pianificazione degli obiettivi motori mentre i centri sottocorticali, utilizzando una mappatura definita "schema corporeo", modulano l'esecuzione delle strategie motorie.

Non si tratta di "decisioni" in senso cosciente: i centri corticali processano le intenzioni motorie ("cosa" fare), mentre i centri sottocorticali regolano l'implementazione motoria ("come" farlo) attraverso pattern neurali automatizzati.

Inoltre i centri sottocorticali, attraverso il circuito gamma, modulano il tono basale.

Quando in questo testo si parla di centri nervosi che "modulano", "processano" o "regolano", si sta usando un linguaggio semplificato per descrivere processi neurali complessi.

Questi centri non "decidono" o "scelgono" nel senso cosciente, ma processano informazioni e generano output motori attraverso reti neurali interconnesse e pattern di attivazione predeterminati dall'evoluzione e modulati dall'esperienza.

Essendo la pianificazione motoria ("cosa") gerarchicamente prioritaria sull'esecuzione ("come"), la rappresentazione neurale dello schema corporeo influenza la qualità dell'attivazione muscolare: tanto meno lo schema corporeo è accuratamente rappresentato a livello neurale, tanto più il sistema muscolare verrà attivato con eccesso di tensione, in co-contrazione di muscoli non necessari all'azione, fino a generare pattern sostitutivi in cui muscoli anatomicamente deputati a una data azione vengono integrati da coordinazioni emergenti che coinvolgono altri gruppi muscolari.

## 2.2 Meccanismi Protettivi dei Centri Sottocorticale

I centri sottocorticali sono coinvolti nei meccanismi protettivi per la salvaguardia dell'integrità fisica attraverso la modulazione del tono muscolare, distinguibile in risposte "fisiologiche" e "funzionali".

La contrazione muscolare, in funzione delle variabili forza/tempo, determina accorciamento residuo del muscolo stesso: minore è il tempo e la forza di contrazione, minore è l'accorciamento; maggiore la forza, ma soprattutto il tempo, maggiore è l'accorciamento residuo.

L'accorciamento muscolare, e la conseguente asimmetria corporea, non è riscontrabile solo nelle persone che lamentano una patologia/sintomatologia ortopedica ma è presente in ogni essere umano e può essere indotta da contrazioni muscolari automatiche regolate neuralmente in risposta a un dato evento.

## Definizione dei Meccanismi

Nella seguente trattazione:

- **"Fisiologici"**: meccanismi di contrazione muscolare che il sistema nervoso attiva automaticamente come risposta stereotipata a un dato evento/stimolo
- **"Funzionali"**: meccanismi di contrazione muscolare che il sistema nervoso modula con variabilità individuale in base alle necessità percepite ("quello che serve")

Entrambi i meccanismi sono regolati dai centri sottocorticali attraverso circuiti neurali evolutivamente antichi.

### 2.3 Meccanismi Fisiologici

Sono la reazione muscolare in contrazione tenuta nel tempo a seguito di un evento traumatico ortopedico.

**Esempio:** evento accidentale e distorsione tibio-tarsica.

I centri sottocorticali inviano, tramite il gamma motoneurone, un messaggio di contrazione a tutti i muscoli peri-articolari in modo da immobilizzare l'articolazione.

Tale contrazione durerà sino a che le strutture endo-articolari lesionate non saranno "riparate".

Il tempo di contrazione in tenuta sarà proporzionale al danno; di conseguenza lo sarà anche l'accorciamento muscolare residuo.

### 2.4 Meccanismi Funzionali

Sono contrazioni muscolari tenute nel tempo, costituite da un aumento più o meno consistente del tono basale, sempre attivate dai centri sottocorticali tramite il gamma motoneurone, che hanno lo scopo di attenuare e/o eliminare dolori presenti (riflesso antalgico a posteriori) o di impedire che dolori latenti si manifestino ("riflesso antalgico a priori" F. Mézières).

La contrazione muscolare tenuta, per un dato tempo, sino a che non provoca conflitti strutturali, ha un effetto antalgico.

Nel loro lavoro di salvaguardare la vita, i centri sottocorticali rispondono a un solo tempo: "qui ed ora".

Un dolore e/o un'impotenza funzionale verranno avvertiti con il significato di "morte" e saranno quindi adottate strategie di evitamento.

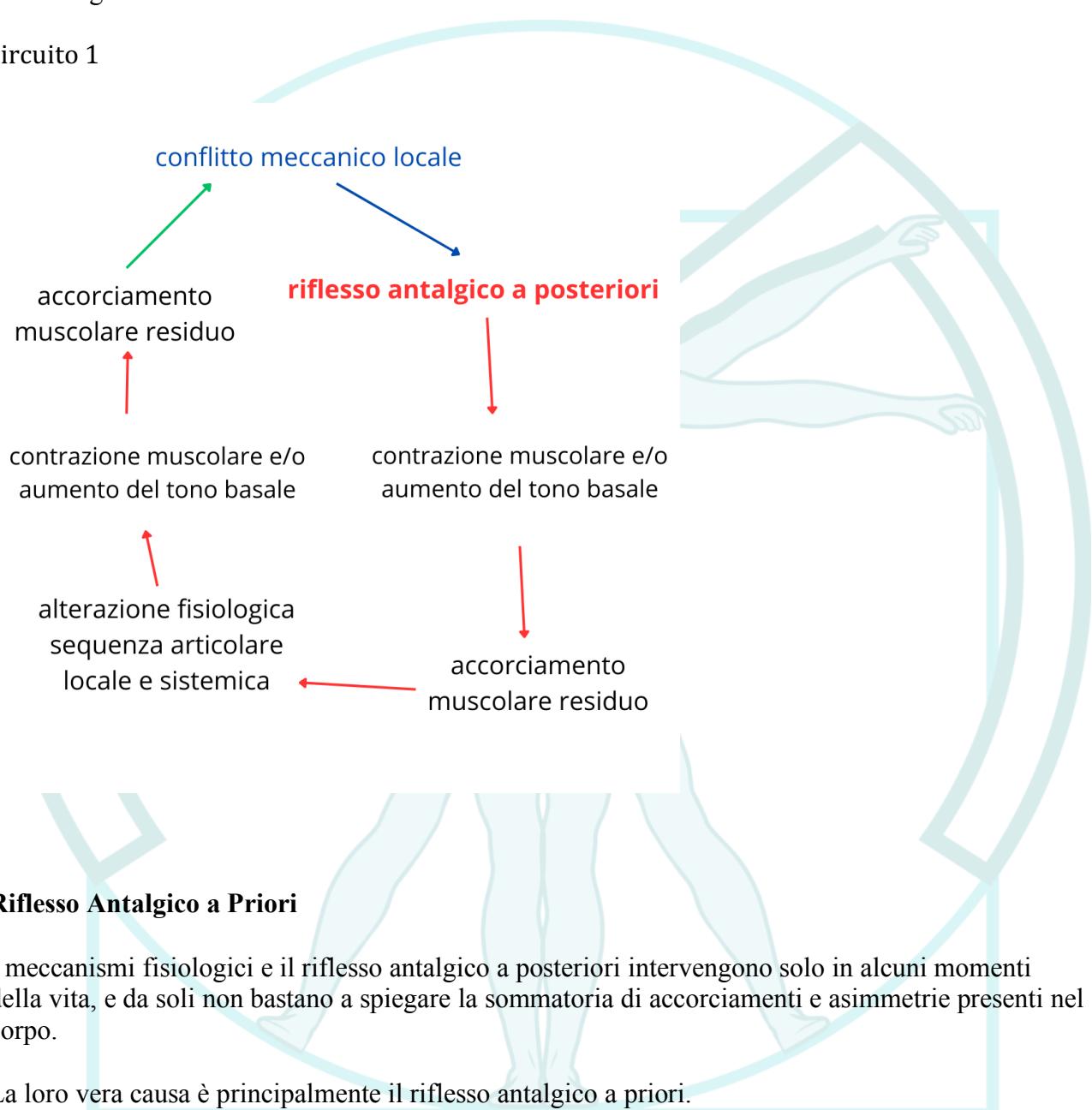
#### Riflesso Antalgico a Posteriori

In quest'ottica il riflesso antalgico a posteriori rappresenta l'estrema strategia di difesa nel tentativo di prolungare la vita il più possibile.

Le persone in fase dolorosa acuta spesso assumono configurazioni corporee contorte ma, come dicono gli stessi pazienti, così “stanno un po' meglio”.

Tale strategia difensiva risulta utile nell'immediato ma, se perdura nel tempo, diventerà causa dell'insorgenza di ulteriori conflitti meccanici.

circuito 1



È un riflesso perennemente attivo e ha lo scopo di evitare che dolori/conflitti meccanici latenti si rivelino.

Il progressivo accorciamento muscolare, sino a che non crea conflitti, impedisce la latenziazione dei disagi muscolo-scheletrici.

I centri sottocorticali utilizzano il sistema muscolare distribuendo gli accorciamenti in modo da alterare sistematicamente tutte le sequenze articolari proprio per cercare, finché possibile, di evitare conflitti locali.

## circuito 2



## 2.5 Manifestazioni Comportamentali

Il riflesso antalgico a priori si manifesta anche tramite l'assunzione di specifiche configurazioni corporee o tramite il movimento, obbligando la persona a scelte motorie non casuali.

Tali coercizioni in un primo momento sono inconsapevoli: si "sente" il bisogno/desiderio di muoversi o di posizionarsi nello spazio in un dato modo.

Se le modificazioni in accorciamento della muscolatura divengono più importanti, le coercizioni motorie divengono finalizzate consapevolmente a evitare l'insorgenza del disagio ("non posso stare a lungo seduto sennò ...", "non posso camminare lentamente altrimenti...", ecc.).

## 2.6 Circuiti di Autoalimentazione

Se il meccanismo di accorciamento sistematico della muscolatura perdura nel tempo, localmente potranno determinarsi dei conflitti che daranno luogo a un circuito di autoalimentazione in cui coesistono i due riflessi antalgici.

### Circuito 1: Riflesso a priori dominante



### Circuito 2: Riflesso a posteriori dominante



# 3 Il Modello Biomeccanico

## 3.1 L'organizzazione del sistema muscolo-scheletrico

Nel modello biomeccanico vengono analizzate le modalità attraverso cui il sistema muscolo-scheletrico si organizza nella statica e nella dinamica.

Questa organizzazione segue precise leggi fisiche che governano l'equilibrio delle forze e la distribuzione dei carichi corporei.

Nella statica gli squilibri posturali si manifestano con la perdita della fisiologica sequenza articolare dei vari segmenti scheletrici nei tre piani dello spazio.

Nella dinamica questi squilibri si traducono nell'impossibilità di effettuare il movimento utilizzando al meglio le forze muscolari disponibili.

## 3.2 Il principio dell'equilibrio vettoriale

Per garantire sia l'assialità dei segmenti scheletrici sia il movimento articolare armonico, è necessario che le forze muscolari siano bilanciate.

Quando questo equilibrio viene meno, si altera la meccanica articolare: variano i punti di applicazione delle forze vettoriali muscolari, i loro momenti e la distribuzione dei carichi sui segmenti scheletrici.

Indipendentemente dagli elementi di disturbo primari e dal tipo di perturbazione iniziale, l'alterazione degli assi fisiologici è sempre la risultante dell'interazione tra il "sistema complesso" muscolare e il "sistema complesso" scheletrico.

Questa interazione dà vita a un'interrelazione funzionale definibile come "sistema complesso muscolo-scheletrico".

### 3.2.1 Il meccanismo di compenso

Ogni volta che un segmento scheletrico perde il proprio allineamento fisiologico, il sistema muscolare deve intervenire per ristabilire l'equilibrio.

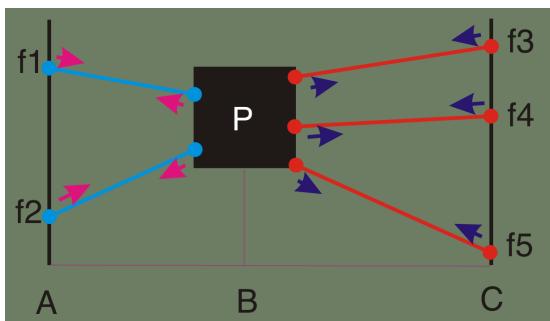
Questa è una legge fisica: lo scheletro non può mantenere un assetto corretto senza che le tensioni muscolari siano bilanciate.

Il principio dimostra concretamente come i muscoli guidino l'organizzazione scheletrica - mai il contrario, a meno che di alterazioni strutturali congenite o acquisite.

## 3.3 Il sistema "ai limiti del caos"

L'equilibrio a bassa intensità dei vettori muscolari garantisce la coesistenza di una buona stabilità e di una buona mobilità articolare.

Questa condizione ottimale crea le premesse affinché il sistema muscolo-scheletrico si ponga "ai limiti del caos", l'area in cui gli elementi di staticità e dinamicità si esprimono al meglio della possibilità strutturale.

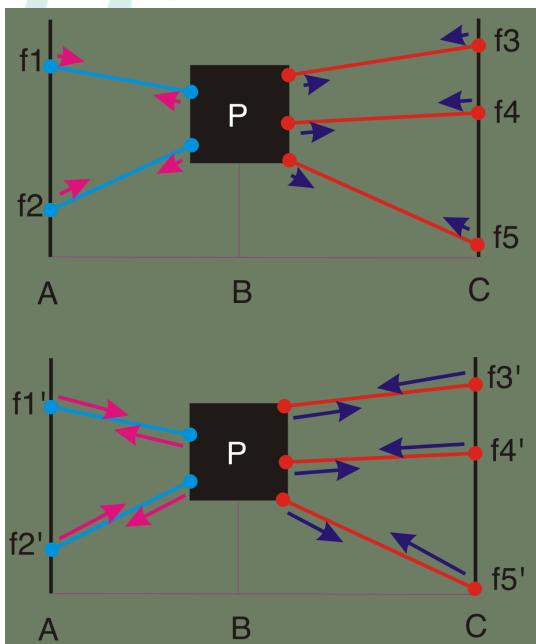


**Fig. 01** - La posizione del corpo *P* è assicurata dalla co-contrazione di tutte le forze rappresentate dai loro vettori (segmenti con freccia) agenti a bassa intensità. Il corpo *P* subisce la minima trazione necessaria alla sua stabilizzazione. Gli elementi statici e dinamici sono bilanciati al minimo dispendio energetico, il sistema si pone "ai limiti del caos".

### 3.3.1 La progressione verso la rigidità

Se il bilanciamento delle forze avviene ad alta intensità, l'assialità scheletrica rimane ancora possibile, ma il movimento richiederà una maggiore quantità di energia divenendo disarmonico.

Le componenti scheletriche subiranno maggiori sollecitazioni, gli elementi statici prevarranno su quelli dinamici e il sistema, allontanandosi dal "margine del caos", diverrà rigido.

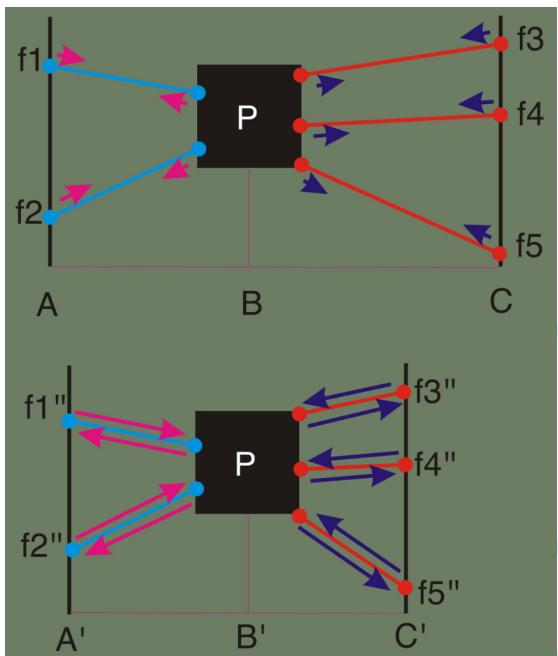


**Fig. 02** - Se le forze *f* aumentano di intensità diventando *f'*, e i vettori di *f1'* ed *f2'* sono in grado di bilanciare quelli di *f3'*, *f4'* ed *f5'*, il corpo *P* rimane nella posizione iniziale ma è sottoposto a una maggior forza di trazione. Gli elementi statici prevalgono su quelli dinamici ed il sistema diviene rigido.

## 3.4 Il circuito di autoalimentazione

L'equilibrio vettoriale ad alta intensità, mantenuto nel tempo attraverso l'aumento del tono basale, provoca un disequilibrio vettoriale a favore delle forze muscolari dominanti.

Il sistema si adatta e riorganizza un nuovo equilibrio al prezzo di disassamenti scheletrici segmentari, mentre il movimento risulterà limitato o sostituito dall'intervento di altre articolazioni: un chiaro esempio di salvaguardia prioritaria della funzione.



**Fig. 03** - Se l'aumento di intensità delle forze è sistematico e si mantiene nel tempo, il corpo P verrà trazionato in direzione dei vettori dominanti  $f3''$ ,  $f4''$  e  $f5''$ .

La distanza  $B'C'$  sarà inferiore alla distanza  $BC$ .

Le forze  $f1''$  ed  $f2''$  tenteranno di opporsi allo spostamento del corpo P aumentando l'intensità vettoriale della loro azione.

Inoltre se il punto A non è fisso (e nello scheletro non vi sono punti fissi assoluti) anche la distanza  $A'B'$  risulterà inferiore alla distanza  $AB$ .

Di conseguenza tutte le forze  $f''$  avranno una lunghezza inferiore ed una intensità superiore a quella delle forze  $f$ .

Le forze  $f''$  avranno perciò aumentato la loro forza traente e resistente ma avranno perso in capacità di Lavoro (forza per spostamento).

Le relazioni scheletriche saranno alterate, gli elementi statici prevorranno su quelli dinamici, il sistema diverrà disassiatato e rigido.

### 3.4.1 Le conseguenze biomeccaniche

Questa situazione comporta una trasformazione: tutte le forze agenti avranno una lunghezza inferiore e una intensità superiore, aumenteranno la loro capacità traente e resistente ma perderanno capacità di Lavoro (forza per spostamento).

Le relazioni scheletriche saranno alterate, gli elementi statici prevorranno su quelli dinamici, il sistema perderà la sequenza articolare fisiologica diventando rigido.

## 3.5 Esempio clinico: l'articolazione scapolo-omerale

Per comprendere concretamente questi principi, consideriamo i muscoli che determinano la flessione anteriore e posteriore dell'omero.

La dominanza vettoriale, sia per la forza potenzialmente esprimibile che per la disposizione delle linee di forza, è a favore dei flessori posteriori. Le conseguenze di tale asimmetria saranno sia statiche (la posizione della testa dell'omero all'interno della cavità glenoide) che dinamiche, nell'esecuzione del movimento.

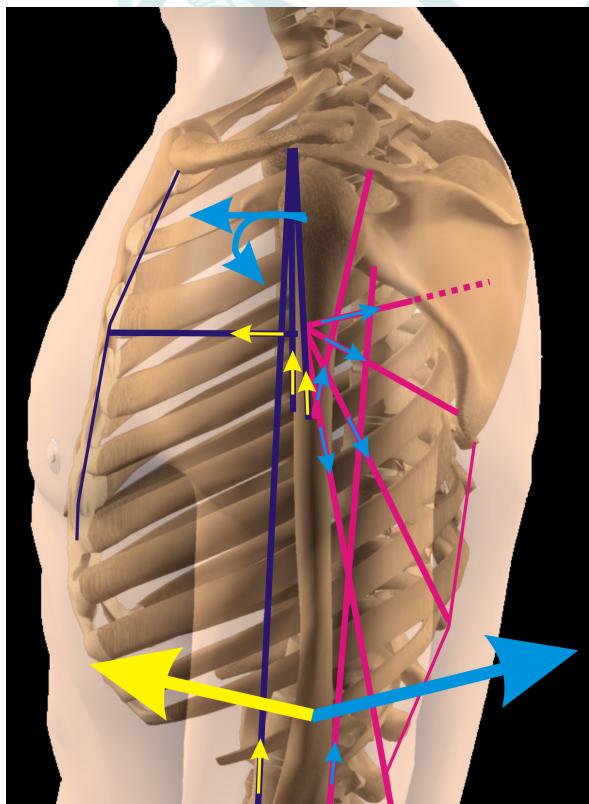
### 3.5.1 Le tre fasi del compenso

**Prima fase - Tono fisiologico:** Il bilanciamento delle forze assicura un buon rapporto articolare e un movimento armonico.

**Seconda fase - Compenso possibile:** L'aumento del tono permette ancora ai flessori anteriori il bilanciamento. La posizione della testa dell'omero risulta invariata ma le strutture articolari subiscono maggiori sollecitazioni e il movimento richiede un maggior dispendio energetico perdendo armonia.

**Terza fase - Scompenso:** Il tono è ulteriormente aumentato e sono presenti contratture e accorciamenti della porzione connettivale della fibra muscolare. Il bilanciamento diventa impossibile e il braccio viene flesso posteriormente provocando, all'interno della cavità glenoide della scapola, la proiezione della testa dell'omero in avanti e in intrarotazione.

Le conseguenze saranno: rigidità dell'articolazione, potenziali conflitti meccanici endo-articolari e, a livello dinamico, limitazione della flessione anteriore del braccio, con innesco di strategie di compenso come, per esempio, l'elevazione del moncone della spalla.



**Fig. 04 - Flessori anteriori dell'omero: bicipite, coracobrachiale, gran pettorale, porzione anteriore deltoide: blu scuro e frecce gialle**

**Flessori posteriori dell'omero: gran dorsale, gran rotondo, sottoscapolare, tricipite brachiale, porzione posteriore deltoide: magenta e frecce azzurre**

*I flessori posteriori dell'omero, avendo un potenziale vettoriale maggiore dei flessori anteriori, risultano dominanti.*

*Se il tono muscolare dei flessori posteriori aumenta, i flessori anteriori potranno bilanciarlo solo entro un certo limite.*

*Inizialmente il rapporto scheletrico rimarrà invariato ma il movimento richiederà una maggiore quantità di energia divenendo disarmonico.*

*Se l'aumento di tono dei flessori posteriori, è tale da non permettere il bilanciamento, risulteranno alterati i fisiologici rapporti articolari sequenziali (flessione posteriore dell'omero e proiezione anteriore in rotazione interna della testa dell'omero all'interno della cavità glenoidea della scapola) e il movimento limitato o impossibile. La flessione anteriore del braccio avverrà attraverso l'utilizzazione di altre articolazioni, ad esempio tramite la flessione posteriore del tronco.*

### 3.6 L'adattamento dello schema corporeo

Quando i segmenti scheletrici perdono il loro allineamento fisiologico, il corpo deve riorganizzare completamente il proprio schema di movimento.

Non potendo più utilizzare i pattern motori originali essendo cambiata la geometria corporea, il sistema nervoso centrale deve quindi elaborare strategie alternative.

L'obiettivo primario rimane comunque l'efficacia del gesto: il corpo deve riuscire a svolgere le funzioni richieste, anche se con modalità diverse da quelle fisiologiche.

Questo processo di adattamento può essere interpretato come una dimostrazione dell'intelligenza del sistema biologico nel trovare soluzioni alternative quando quelle ottimali non sono più disponibili.

È importante sottolineare che questi adattamenti non rappresentano disfunzioni del sistema nervoso, ma strategie di ottimizzazione funzionale.

Il sistema neuromuscolare sviluppa soluzioni creative che transcendono i pattern motori convenzionali per garantire l'efficacia del movimento nelle condizioni alterate.

#### 11.3.7 L'analisi dei baricentri: piano frontale

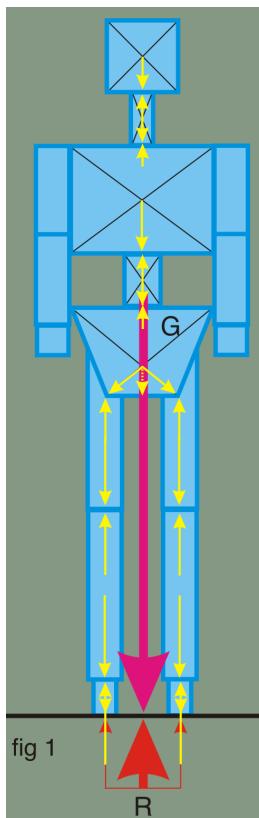
Per permettere il mantenimento della stazione eretta, il sistema tonico posturale si attiva per mantenere i baricentri corporei e la contropinta del terreno all'interno del poligono di sostegno descritto dalla superficie dei piedi.

Nella dinamica invece, viene sfruttata la coppia di forza gravità/spinta del terreno per economizzare il Lavoro necessario alla deambulazione.

Il baricentro complessivo è dato dalla risultante dei singoli baricentri scheletrici.

Per rendere agevole il calcolo di ogni baricentro sul piano frontale, è possibile semplificare e trasformare lo scheletro umano in una sommatoria di figure geometriche.

### 3.7.1 Condizione ottimale: allineamento dei baricentri



**Fig. 05** – Se i singoli baricentri scheletrici sono allineati, l'energia necessaria ad equilibrare i movimenti automatici per il mantenimento sulla stessa verticale delle forze  $G$  e  $R$  applicate ad ogni singolo baricentro corporeo, e delle forze  $G$  ed  $R$  complessive, è a bassa intensità (tono muscolare). Le singole componenti  $g$  ed  $r$  sono distribuite su tutte le superfici articolari.

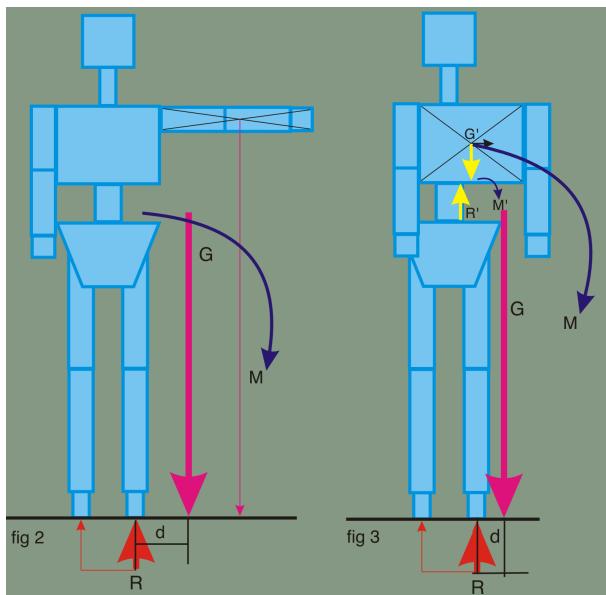
Il sistema si definisce matematicamente "ai limiti del caos" in quanto riesce a perseguire l'obiettivo (il mantenimento della stazione eretta) con piccole variazioni di energia.

In questa condizione ideale, il tono basale - la forza espressa dai muscoli nel mantenimento dei singoli centri di massa - è il minimo necessario per controbilanciare gli spostamenti dei baricentri indotti dai movimenti corporei automatici, come la respirazione.

La forza  $R$  (reazione vincolare del terreno) è uguale e contraria a quella di  $G$  (forza peso):  $R = -G$ . Essendo i singoli baricentri scheletrici allineati, le componenti  $g$  ed  $r$  si distribuiscono uniformemente su tutta la superficie di appoggio.

Le articolazioni lavorano al meglio della possibilità strutturale in assenza di momenti compressivi concentrati in aree ristrette.

### 3.7.2 La perdita dell'equilibrio



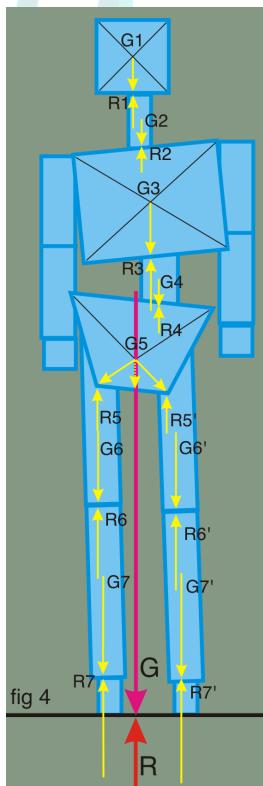
**Fig. 06** - Lo spostamento laterale di un segmento corporeo determina la proiezione, al di fuori del poligono di appoggio, della forza complessiva  $G$ .

La forza complessiva  $R$  viene applicata al limite del poligono di sostegno.

Le forze complessive  $G$  ed  $R$  determinano un momento di forza  $M$  destabilizzante.

Per equilibrare il momento di forza  $M$ , il sistema muscolare deve innalzare, complessivamente e asimmetricamente, il tono muscolare.

### 11.3.7.3 La strategia di compenso scheletrico



**Fig. 07** - L'innalzamento del tono e l'accorciamento delle porzioni connettivali della fibra muscolare, determinano il disassiamento sistematico dei segmenti scheletrici.

Il sistema organizza il disassiamento in modo che la forza complessiva  $G$  sia all'interno del poligono di sostegno rendendo possibile l'equilibrio.

L'energia occorrente è però maggiore di quella che sarebbe necessaria se i singoli baricentri fossero allineati ed il sistema si allontana dal "margine del caos" divenendo rigido.

Essendo i singoli baricentri disallineati, le singole forze  $G$  ed  $R$  hanno le loro componenti  $g$  ed  $r$  maggiormente addensate in zone ristrette delle superfici articolari creando le premesse per potenziali conflitti meccanici.

Per permettere il recupero dell'equilibrio quando viene perso, il sistema muscolare, disallineando i segmenti corporei, può riportare la coppia  $G$  ed  $R$  all'interno del poligono di appoggio: l'equilibrio in questo modo è possibile, ma al prezzo della perdita della fisiologica sequenza articolare che, se protratta nel tempo, può dar luogo a conflitti articolari di tipo compressivo.

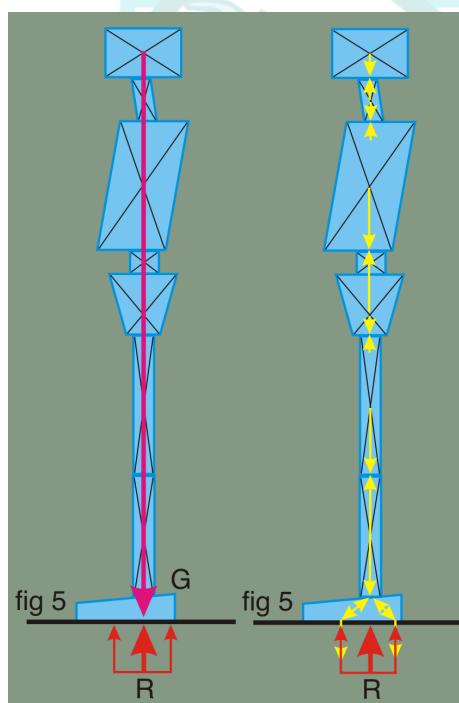
Tali conflitti sono indotti anche dalle componenti  $g$  ed  $r$  che, anziché distribuirsi su tutte le superfici di appoggio, si addensano in spazi ristretti.

Il tono muscolare deve innalzarsi perché lo spostamento di un centro di massa determina l'alterazione di tutti i centri di massa, con conseguente coinvolgimento dell'intero sistema muscolare.

Il sistema sarà in equilibrio ma avrà perso in dinamicità acquisendo rigidità.

### 11.3.8 L'analisi dei baricentri: piano sagittale

Utilizzando un'analogia geometrizzazione del corpo sul piano sagittale, si evidenzia come nella condizione ottimale i singoli centri di massa determinino una risultante complessiva  $G$  che si trova sulla stessa verticale della risultante della reazione vincolare  $R$ .

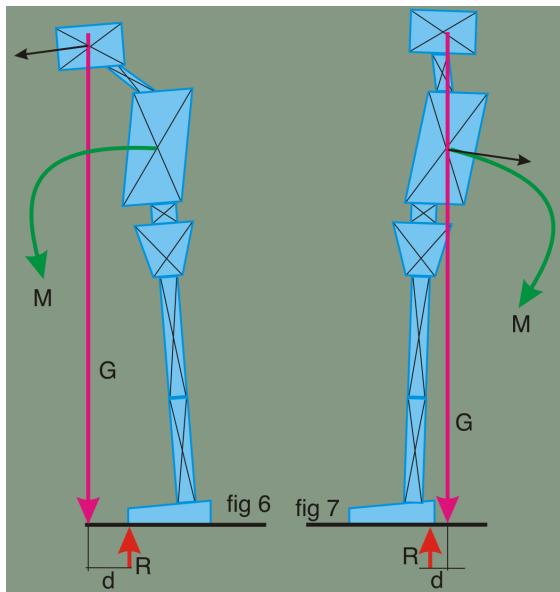


**Fig. 08** - Le forze complessive  $G$  ed  $R$  si trovano sulla stessa verticale e al centro del poligono di appoggio (figura 5 a sinistra).

La scomposizione di  $G$  ed  $R$  applicate ad ogni segmento corporeo, mostra come le loro componenti  $g$  ed  $r$  (non rappresentate in figura) possano distribuirsi uniformemente sulle superfici articolari.

L'equilibrio è assicurato dal tono muscolare che può bilanciare i movimenti automatici agendo a bassa intensità (figura 5 a destra).

### 11.3.8.1 Il meccanismo della destabilizzazione

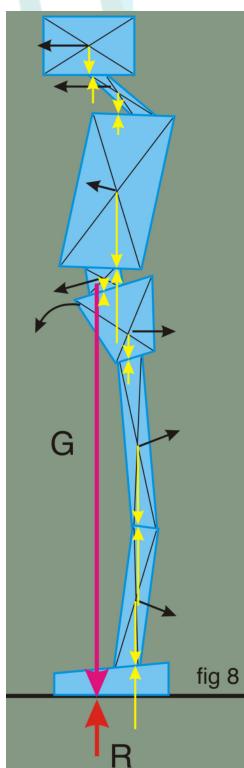


**Fig. 09** - Lo spostamento anteriore o posteriore della proiezione al suolo della forza  $G$  oltre il poligono di sostegno determina un momento  $M$  destabilizzante.

La proiezione anteriore o posteriore della forza  $G$  rispetto al poligono di sostegno fa sì che la reazione vincolare  $R$  venga applicata al limite anteriore o posteriore del poligono.

Si determina un momento di forza  $M$  dato dalla somma delle forze di  $G$  ed  $R$  moltiplicate per la loro emi-distanza. Per evitare la perdita dell'equilibrio, il sistema muscolare deve attivarsi ad alta intensità.

### 11.3.8.2 La strategia di riorganizzazione



**Fig. 10** - L'innalzamento del tono e l'accorciamento della porzione connettivale delle fibre muscolari determina il disassamento dei segmenti scheletrici.

Al fine di mantenere l'equilibrio, il sistema muscolare "organizza" tali disassamenti in modo che la forza complessiva  $G$  sia proiettata all'interno del poligono di appoggio.

Per farlo, il sistema utilizza una quantità di energia maggiore di quella che occorrerebbe se i singoli baricentri fossero allineati.

Il sistema perde in dinamicità acquistando in staticità divenendo rigido.

Le singole forze  $G$  e  $R$  applicate ai singoli baricentri scheletrici hanno le loro componenti  $g$  e  $r$  maggiormente addensate in porzioni ristrette delle superfici articolari creando le premesse per potenziali conflitti meccanici.

Un esempio di "strategia" del sistema muscolare per riportare la forza G all'interno del poligono di sostegno: tutti gli elementi scheletrici vengono proiettati anteriormente o posteriormente.

Lo spostamento dei segmenti scheletrici avviene per azione muscolare e, poiché nessun muscolo può auto-allungarsi, l'azione muscolare avviene in compressione.

La compressione, se protratta nel tempo, determina l'interessamento della porzione connettivale della fibra muscolare con conseguente accorciamento permanente residuo.

Anche in questo caso le componenti g ed r saranno addensate in superfici ridotte, creando le condizioni per potenziali lesioni strutturali.

## 3.9 Il circuito di autoalimentazione

Il passaggio dalla condizione ottimale (figure 1 e 5) alla fase dinamica richiede una minima attivazione muscolare per creare la coppia di forza gravità/controspinta del terreno favorente la deambulazione.

In queste condizioni gli elementi di staticità e dinamicità sono organizzati al meglio della possibilità strutturale e il sistema si pone "ai limiti del caos": può utilizzare piccole quantità di energia per passare da uno stato a un altro.

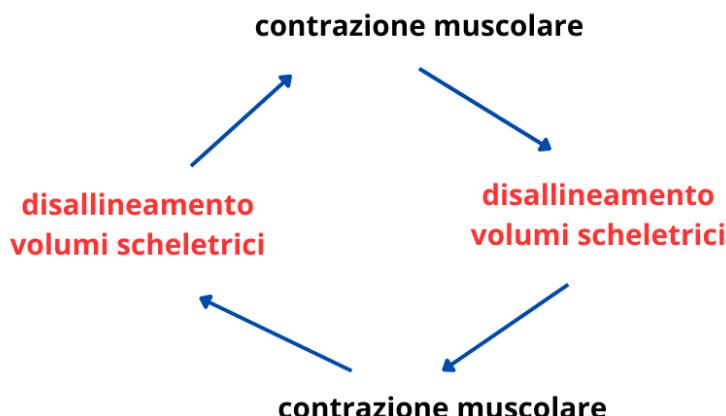
Quando nel sistema muscolare sono presenti accorciamenti, i singoli baricentri corporei non sono più allineati.

La forza basale muscolare necessaria al mantenimento dell'equilibrio deve aumentare di intensità.

### 11.3.9.1 Il meccanismo di perpetuazione

L'aumento del tono basale produce l'accorciamento della porzione connettivale, dando luogo a un circuito di autoalimentazione: i singoli baricentri disallineati costringono l'aumento del tono basale, che produce accorciamento muscolare, che disallinea ulteriormente i singoli baricentri.

circuito 5



In questo modo la sinusoide vertebrale si modifica e il baricentro complessivo corporeo si avvicina al suolo.

Per passare dalla fase statica a quella dinamica sarà necessaria una maggiore azione muscolare: il sistema perde in dinamicità ma acquisisce in staticità, allontanandosi dai "margini del caos" e divenendo rigido.

## 4 Conclusioni: l'integrazione dei sistemi

I tre sistemi neuromuscolare, psicosomatico e biomeccanico utilizzano il sistema muscolare nel raggiungimento dei propri obiettivi.

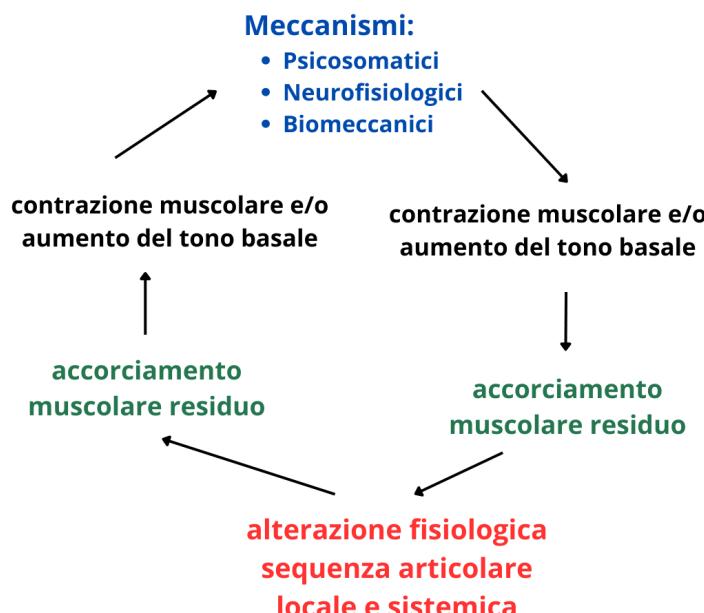
Per la prima caratteristica dei sistemi complessi, sono anch'essi interagenti e interdipendenti: qualunque sia il sistema primariamente implicato nello squilibrio, gli altri devono attuare strategie adattative per permettere la salvaguardia della funzione al meglio delle possibilità.

Si comportano, quindi, come un sistema integrato, che reagirà innalzando il tono basale e attivando contrazioni muscolari distrettuali e sistemiche.

Nel caso in cui contrazione muscolare e/o aumento del tono basale si verifichino per sufficiente tempo, verrà interessata la porzione connettivale della fibra muscolare, con accorciamento residuo e perdita della fisiologica sequenza articolare.

Tale disassamento diventa a sua volta causa di contrazione muscolare e innalzamento del tono basale, dando vita al circuito di autoalimentazione che perpetua e amplifica lo squilibrio iniziale.

*circuito 6*



*Il circuito di autoalimentazione generale dei sistemi: qualunque sia il sistema primariamente implicato nello squilibrio (neuromuscolare, psicosomatico o biomeccanico), l'azione finale*

converge sempre sul sistema muscolare attraverso l'aumento del tono basale e la contrazione muscolare, determinando accorciamento della porzione connettivale che perpetua il disequilibrio.

La comprensione di questi meccanismi fisici fornisce le basi scientifiche per interpretare le alterazioni dei fisiologici assi scheletrici, indipendentemente dall'approccio terapeutico utilizzato per la loro correzione; l'analisi fisica degli accorciamenti muscolari dimostra che, indipendentemente dal sistema causale primariamente interessato, il risultato finale segue sempre le stesse leggi meccaniche.

L'aumento del tono basale e il conseguente accorciamento connettivale modificano i rapporti vettoriali, alterano la distribuzione delle forze G e R, e spostano il sistema dall'equilibrio ottimale "ai limiti del caos" verso la rigidità.

## Concetti chiave

**Tre sistemi causali degli accorciamenti muscolari** Sistema psicosomatico (corazza caratteriale-muscolare), sistema neurofisiologico (riflessi protettivi), sistema biomeccanico (equilibrio vettoriale). Tutti convergono sull'aumento del tono basale che determina accorciamento connettivale.

**Modello psicosomatico: identità funzionale psiche-soma** La corazza muscolare corrisponde alla corazza caratteriale. Stati emotivi si traducono in tensioni muscolari croniche che, mantenute nel tempo, coinvolgono la componente connettivale creando alterazioni strutturali.

**Riflesso antalgico a priori e a posteriori** A posteriori: contrazione per alleviare dolore presente. A priori: contrazione perenne per evitare che conflitti latenti si manifestino. Il sistema distribuisce accorciamenti per evitare conflitti locali.

**Sistema "ai limiti del caos"** Equilibrio ottimale quando forze muscolari agiscono a bassa intensità. Elementi statici e dinamici bilanciati con minimo dispendio energetico. Alta intensità porta rigidità e allontanamento dal "margine del caos".

**Circuito di autoalimentazione posturale** Baricentri disallineati → aumento tono basale → accorciamento connettivale → ulteriore disallineamento. Il circuito perpetua e amplifica lo squilibrio iniziale indipendentemente dal sistema causale primario.

**Dominanze vettoriali e compensi obbligati** Quando muscoli dominanti aumentano il tono oltre la capacità di bilanciamento degli antagonisti, si alterano i rapporti articolari. Il sistema deve riorganizzare lo schema motorio con strategie sostitutive.

**Distribuzione delle forze G e R** Con baricentri allineati: componenti g e r distribuite uniformemente. Con disallineamento: addensamento in zone ristrette delle superfici articolari e creazione delle premesse per conflitti meccanici.

**Controllo corticale e sottocorticale del tono** I centri corticali processano gli obiettivi motori ("cosa"), quelli sottocorticali regolano l'esecuzione ("come") attraverso pattern automatizzati. Lo schema corporeo impreciso genera eccesso di tensione e pattern sostitutivi.

**Integrazione sistemica dei tre modelli** I sistemi sono interdipendenti: qualunque sia l'origine, l'effetto finale converge sempre sul sistema muscolare attraverso l'aumento del tono basale, creando un circuito unificato di perpetuazione.

