PESCARA 2022
Dal controllo motorio al recupero di forza con il metodo GRIMALDI
Dott. Paolo Lippi

1paolo.lippi@gmail.com

MOVIMENTO E PERCEZIONE
APPRENDIMENTO MOTORIO
FACILITAZIONI E PERTURBAZIONI
ADATTAMENTO E APPRENDIMENTO
APPRENDIMENTO E PERCEZIONE

NUOVI PARADIGMI DI RIFERIMENTO PER LA RICERCA IN RIABILITAZIONE FISICA DEI SISTEMI BIOLOGICI

VERSO UNA SCIENZA DEL RECUPERO DI FUNZIONE

E' POSSIBILE INDIVIDUARE E CONDIVIDERE UN MODELLO DI CONTROLLO MOTORIO COERENTE CON LE EVIDENZE SCIENTIFICHE PRODOTTE DALLA RICERCA DEGLI ULTIMI 50 ANNI?

1paolo.lippi@gmail.com

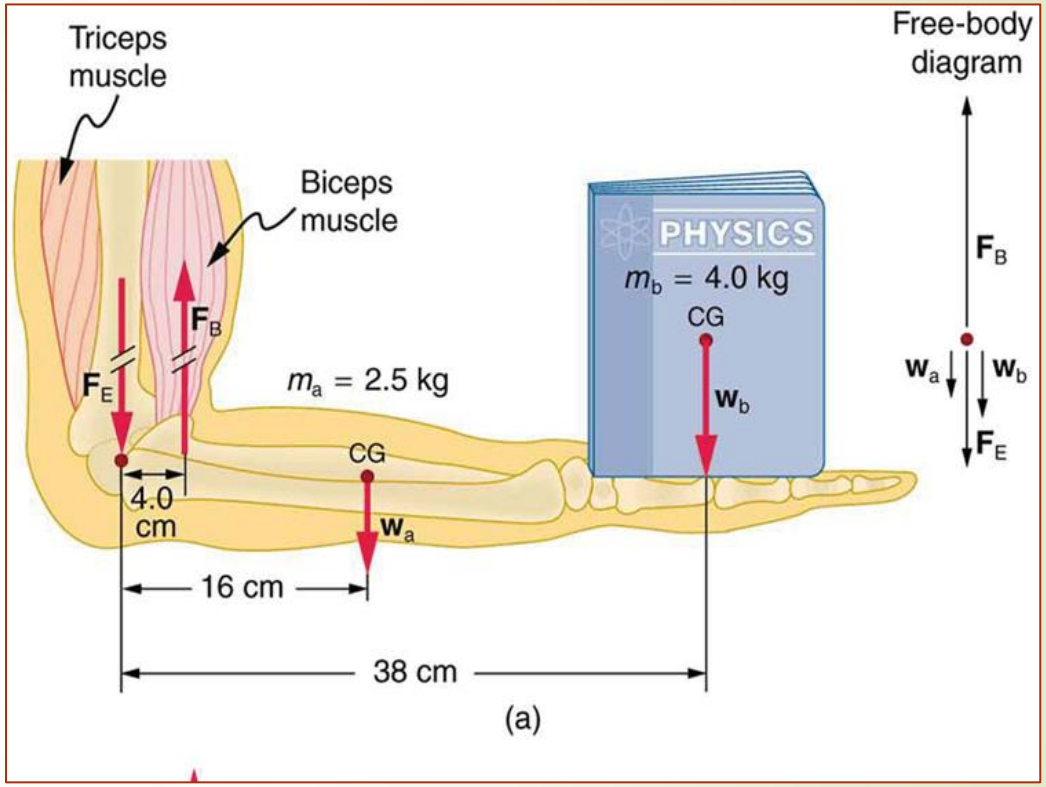
CONTROLLO MOTORIO

CAPACITÀ DI DIRIGERE E REGOLARE IL MOVIMENTO. (ECM) E' UN'AREA DELLE SCIENZE NATURALI CHE ESPLORA COME IL SISTEMA NERVOSO PRODUCE MOVIMENTI COORDINATI IN INTERAZIONE CON IL RESTO DEL CORPO E CON L'AMBIENTE

(M. LATASH ET AL. 2010)

IL CAMBIAMENTO NEL CONTROLLO DEL MOVIMENTO CHIAMA IN CAUSA I MECCANISMI DELL'APPRENDIMENTO

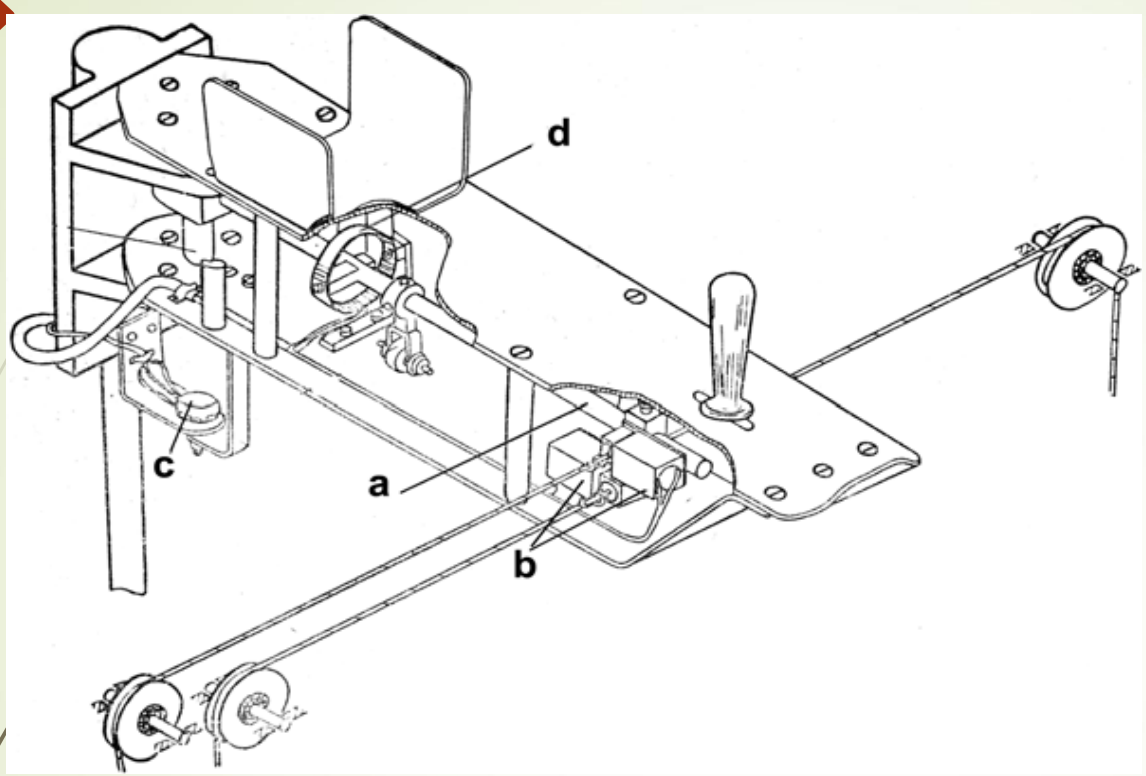
FORZA MUSCOLARE

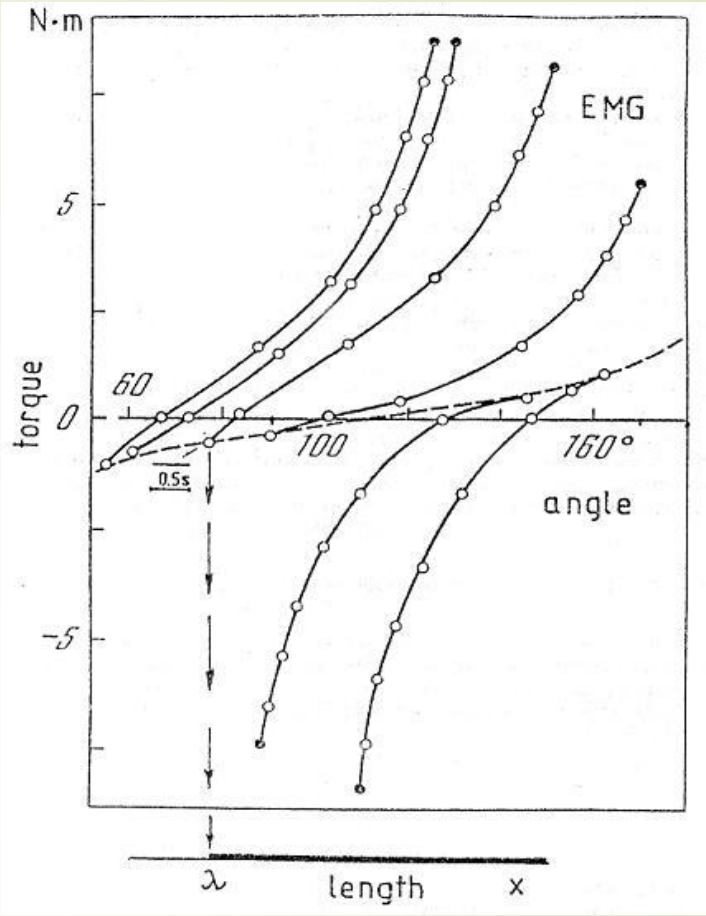


Sono stati registrati

- l'angolo articolare del gomito
- il torque di carico
- l'attività EMG dei flessori ed estensori superficiali

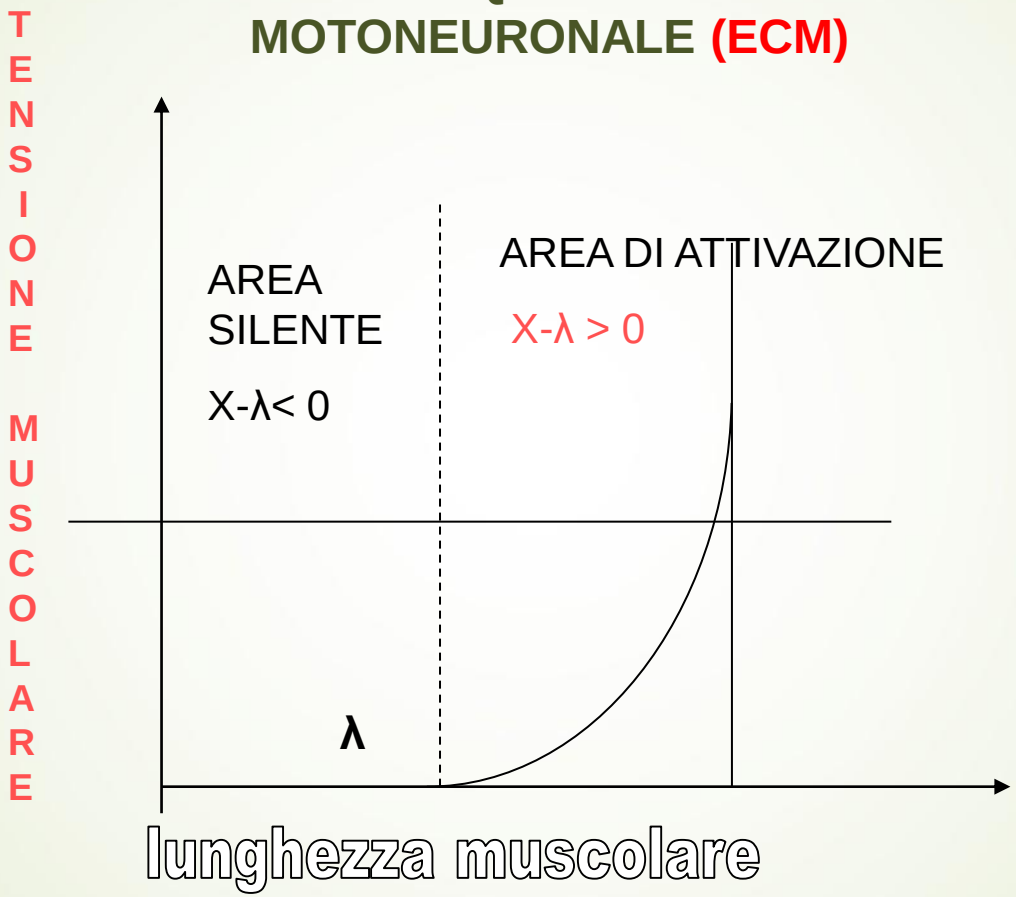
PUNTO DI EQUILIBRIO: combinazione dell'angolo articolare e il torque di carico in stato di equilibrio

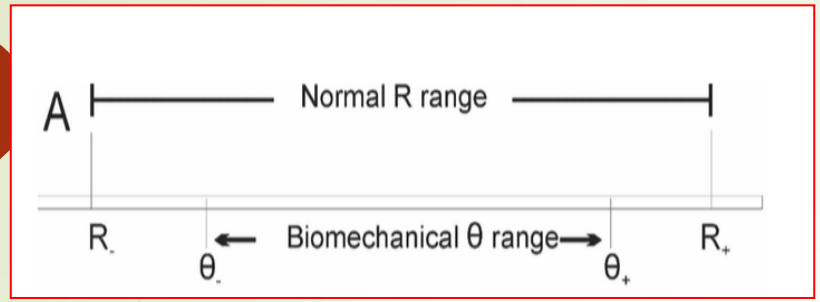




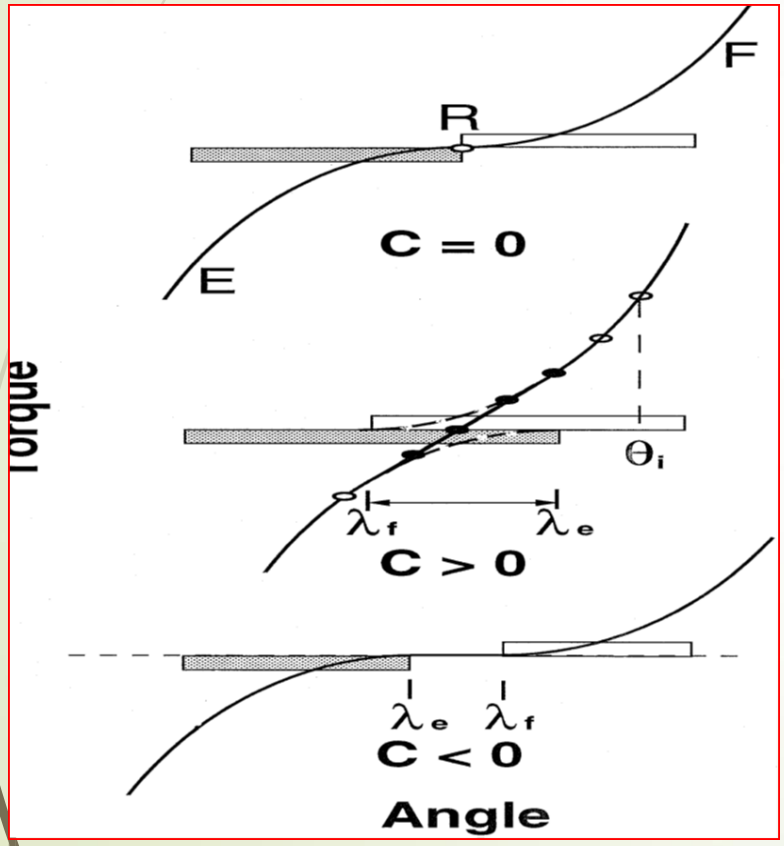
- Manipulandum used in experiments that revealed resetting of the spatial thresholds at which muscles begin to be recruited when intentional arm movements are made. The manipulan- dum had a lever (a) to apply forces (weights) via pulleys and small electromagnetic locks (b), a goniometer (c) to measure angular displacements of the forearm placed on the manipulandum, and a torque transducer (d). Reprinted from Feldman (1979)

LA SOGLIA λ E' LA LUNGHEZZA MUSCOLARE (ANGOLO ARTICOLARE) IN CORRISPONDENZA DELLA QUALE INIZIA IL RECLUTAMENTO MOTONEURONALE (ECM)





A: Normalmente, l'intervallo (R-, R +) di **regolazione della soglia** supera il range biomeccanico dell'articolazione (θ-, θ +), consentendo così al sistema di rilassarsi o attivare i muscoli con qualsiasi angolo all'interno dell'intervallo biomeccanico



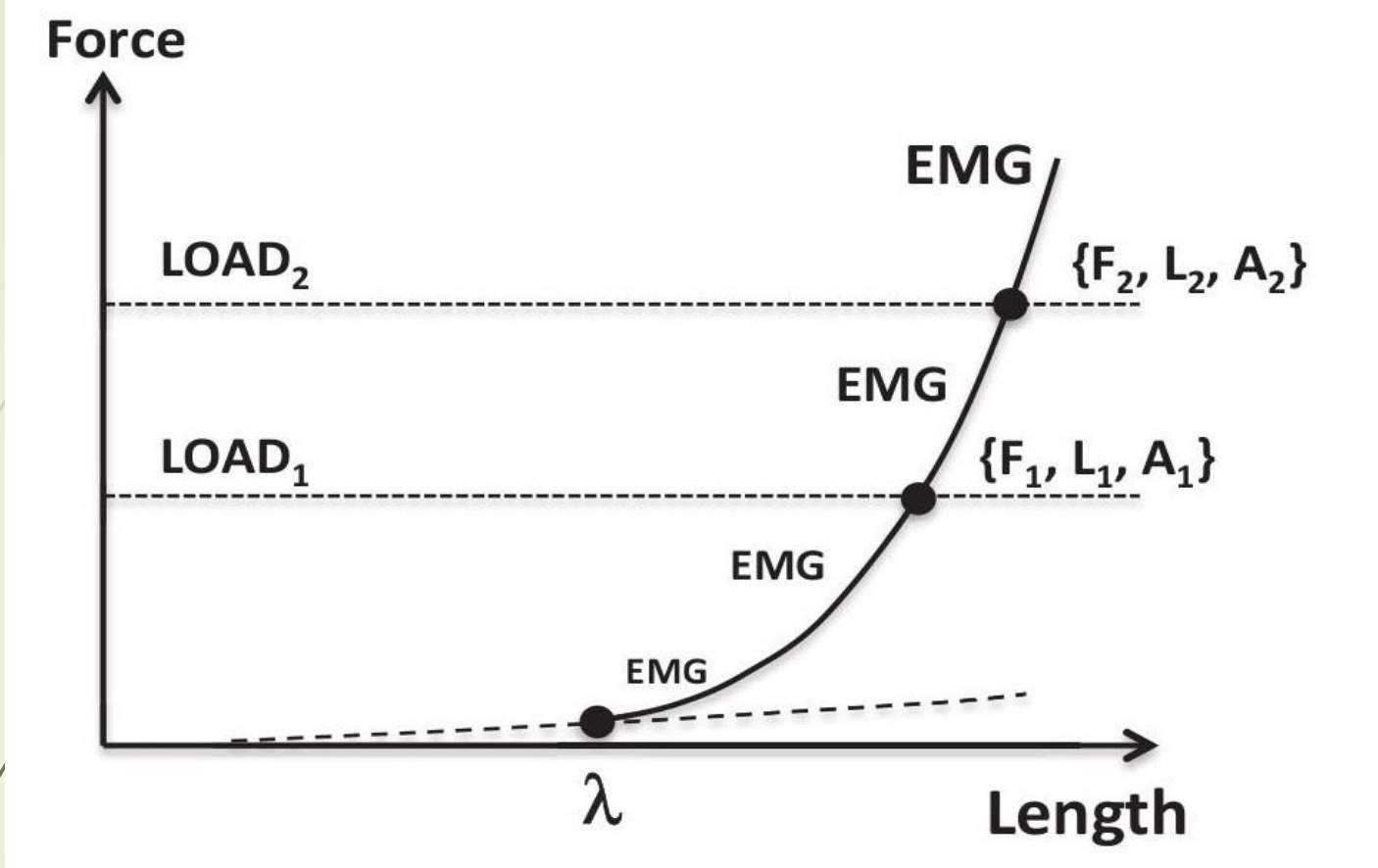
-in base al compito motorio il range articolare di un' articolazione può essere suddiviso in zone dove:

agonista e antagonista sono entrambi attivi;

solo uno dei due gruppi muscolari è attivo;

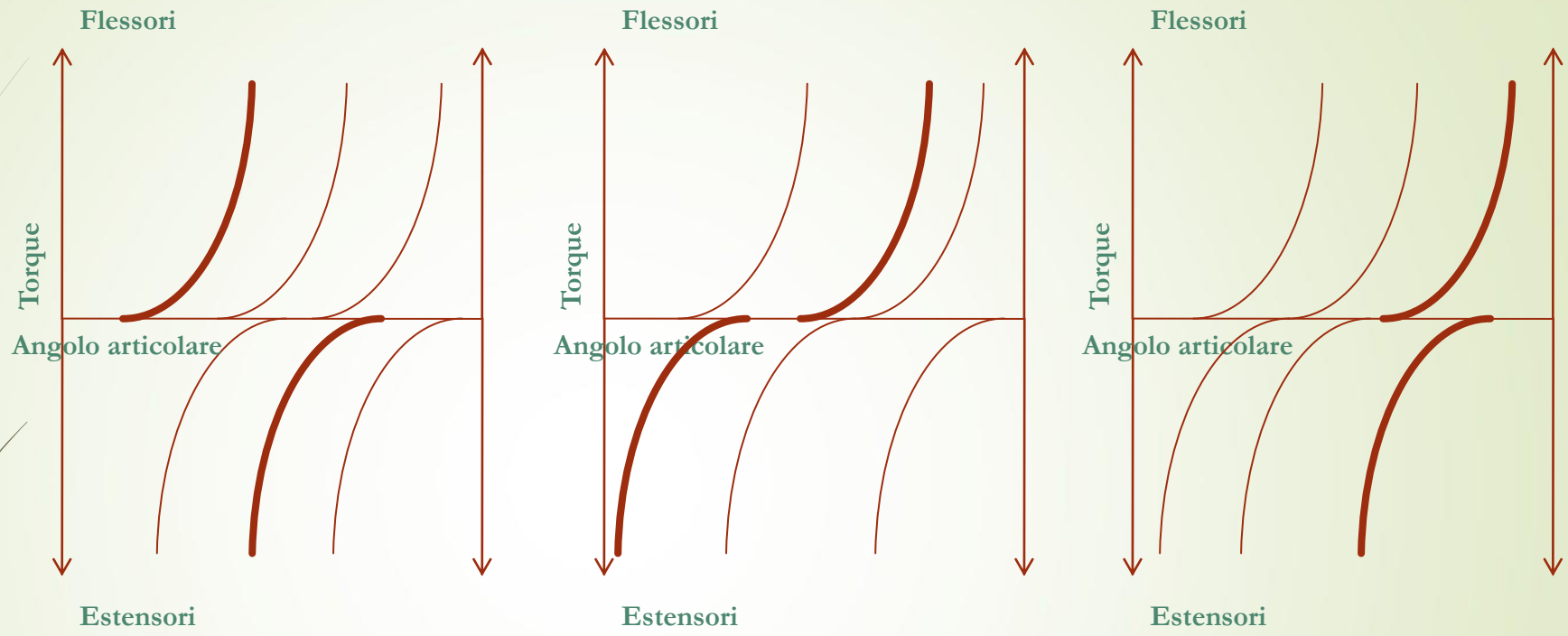
nessuno dei due è attivo.

- Il comando centrale può spostare l'ampiezza e posizione di queste zone di attivazione



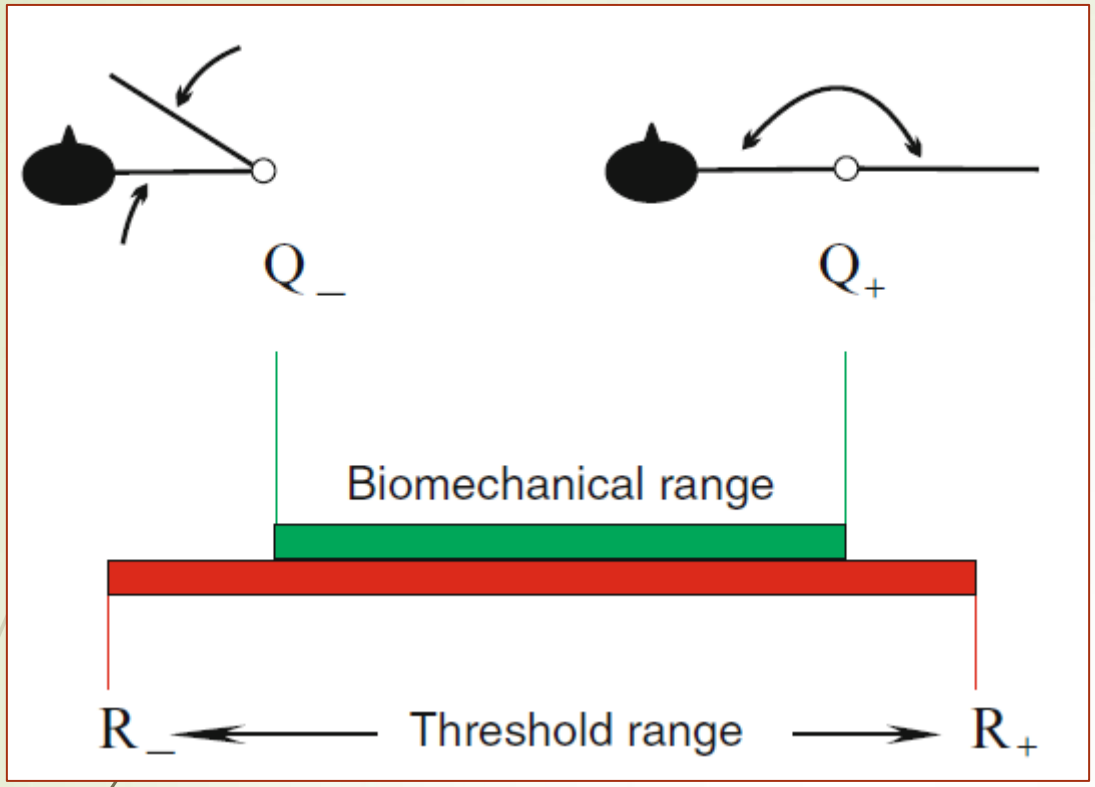
The tonic stretch reflex produces a dependence of active muscle force (and level of activation, EMG) on muscle length. Threshold of the tonic stretch reflex (l) is the length when muscle activation starts during very slow stretch. Depending on external load (L), the system comes to an equilibrium point (black dots) defined by both l and external load. Equilibrium points differ in muscle length, force, and activation level, {F, L, A}

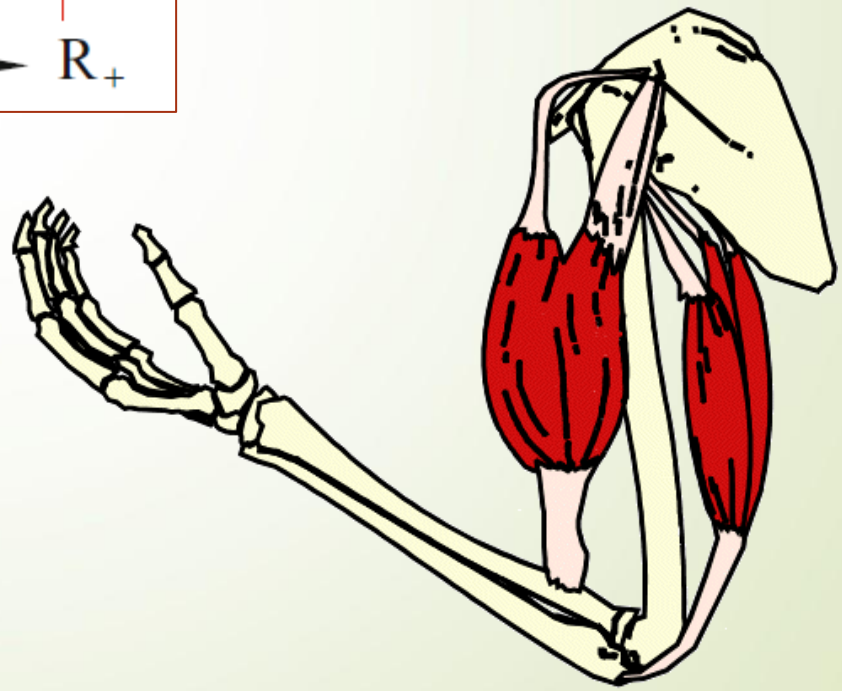
BIOMECCANICA NEUROMUSCOLARE E SINERGIE



Esempio schematico di sinergia multi articolare

LE SINERGIE DI MOVIMENTO O STRUTTURE COORDINATIVE SONO CARATTERIZATE DA FLESSIBILITA' E STABILITA' (ECM)


Q _
Q +
Biomechanical range
R _
Threshold range
R +



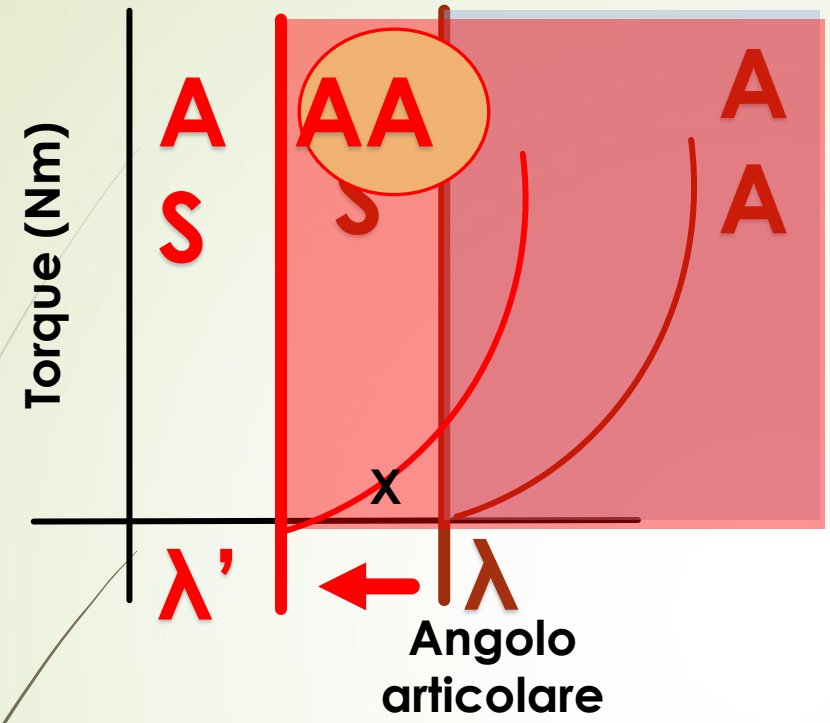
COSA E' LA STABILITA' DEL SISTEMA PERCETTIVO MOTORIO?

E' LA CAPACITA DI RESISTERE ENTRO CERTI LIMITI ALLE PERTURBAZIONI INTERNE O ESTERNE (ECM)

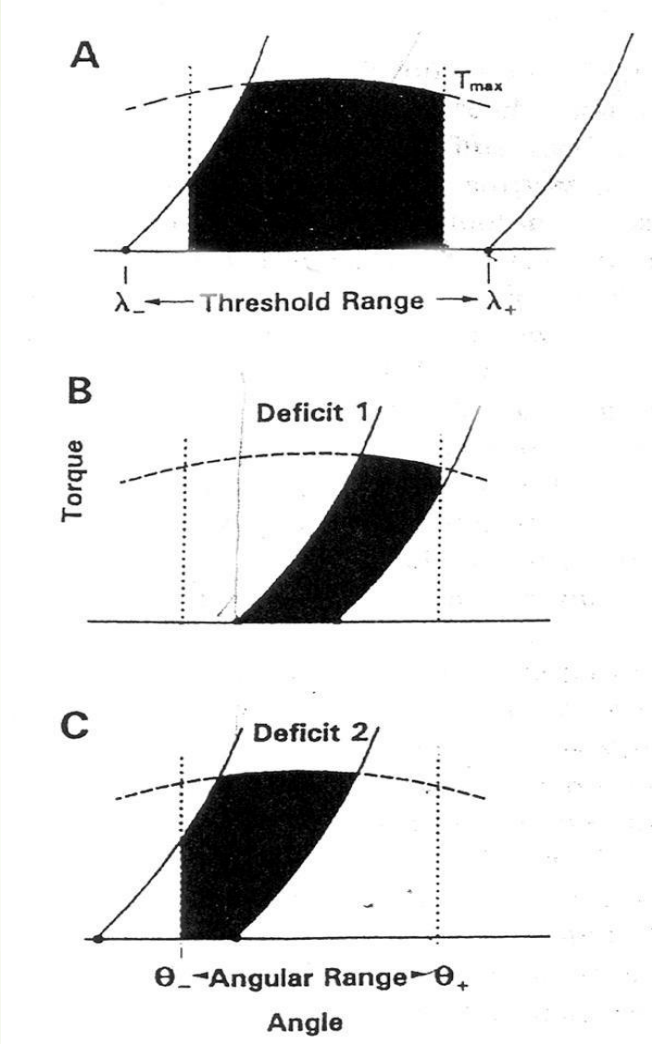
1paolo.lippi@gmail.com

Il movimento è ottenuto tramite spostamenti centrali nelle posizioni della soglia statica, (o configurazione spaziale di riferimento, angoli articolari), la lunghezza alla quale inizia il reclutamento dei motoneuroni. Spostando le soglie statiche dello stretch reflex, cioè l'origine del quadro spaziale di riferimento il SNC influenza sia l'azione che la percezione. Azione e percezione sono vincolate a funzionare in quadri di riferimento comuni

Equilibrium Point Hypothesis (EPH)



D. Longo



1paolo.lippi@gmail.com

In altri termini, i recettori somatici sono organizzati in una struttura spaziale (mappa) che è isomorfica al nostro corpo (Turvey e Fonseca 2014). Noi abbiamo bisogno di trattare la questione di come, fisiologicamente, è fornito questo isomorfismo. In altre parole, abbiamo bisogno di spiegare *come le attività elettriche provenienti dai recettori somatici diventano associate con la collocazione spaziale del corpo nell'ambiente*

I segnali elettro-chimici discendenti agli a- e γ-MNs diventano associati con variabili spaziali – posizioni di soglia (parametri) alle quali i muscoli cominciano ad essere attivati

Law-constrained variables

Law-constrained variables
Variables that characterize the motor outcome:
Positions and trajectories of body segments. Movement direction, extent and speed, EMG levels (motor commands),
muscle forces, torques, stiffness, damping, COM position and energy

Controllable parameters

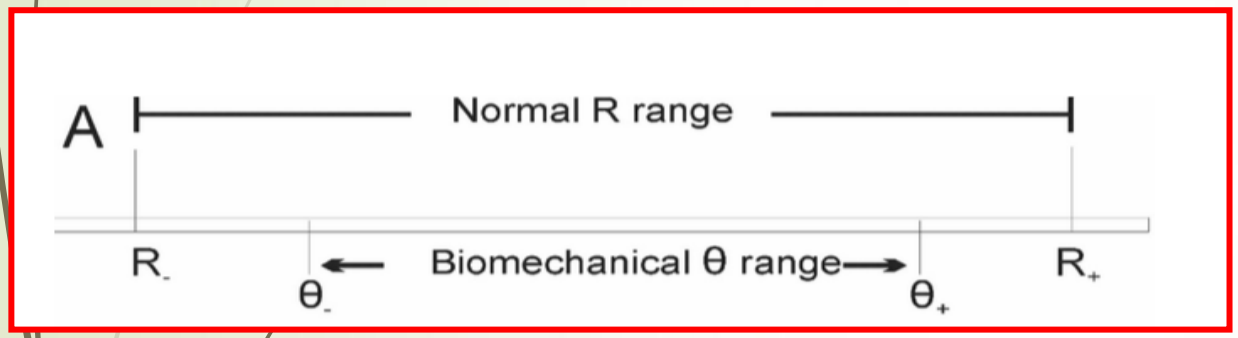
Attributes
of spatial frames of reference (FRs) for action and perception:
Origin (referent) points, metrics and orientation of one FR in another FR

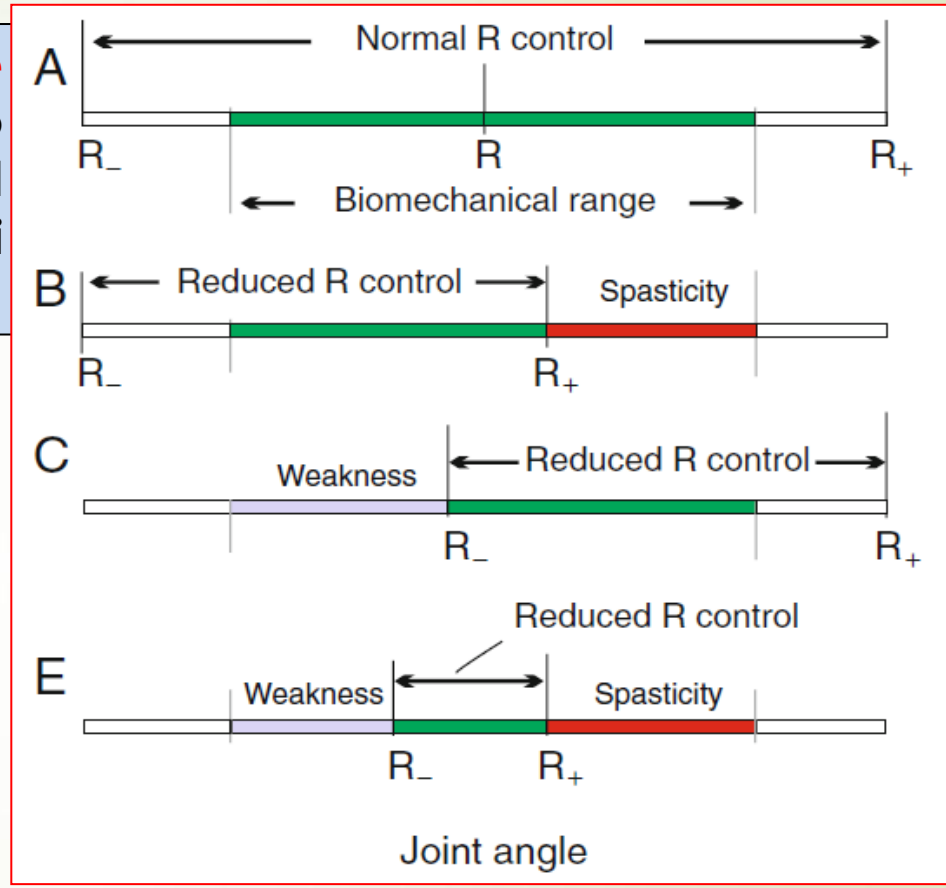
Intention ← **Motor action**
↓ ↑
Controllable parameters → **Physical laws**

Harmonizing neural control of motor actions with physical laws. Kinematic and kinetic variables characterising the outcome of motor actions are law-constrained variables (upper left panel). Attempts of the nervous system to directly specify law-constrained variables would conflict with the causality inherent in physical laws and evoke resistance. In contrast, by influencing parameters (upper right panel), the nervous system takes advantage of physical laws thus using them as tools for action production. Therefore, intentions to accomplish an action are associated with the choice and timing of task-specific parameters, forcing physical laws to accomplish motor action (bottom panel). Neural control levels can adjust parametric control to modify the current or initiate a new motor action. Listed are controllable parameters (upper right panel) that have been identified empirically (Anatol G. Feldman, Referent control of action and perception, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2015)

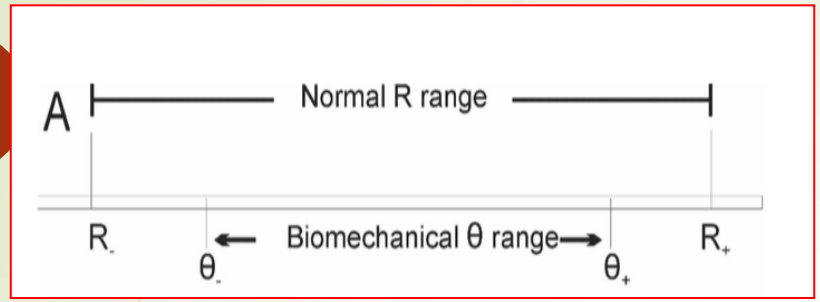
Controllo centrale delle soglie spaziali dei riflessi

A: Normalmente, l'intervallo (R-, R+) di regolazione della soglia supera il range biomeccanico dell'articolazione (θ-, θ+), consentendo così al sistema di rilassarsi o attivare i muscoli con qualsiasi angolo all'interno dell'intervallo biomeccanico

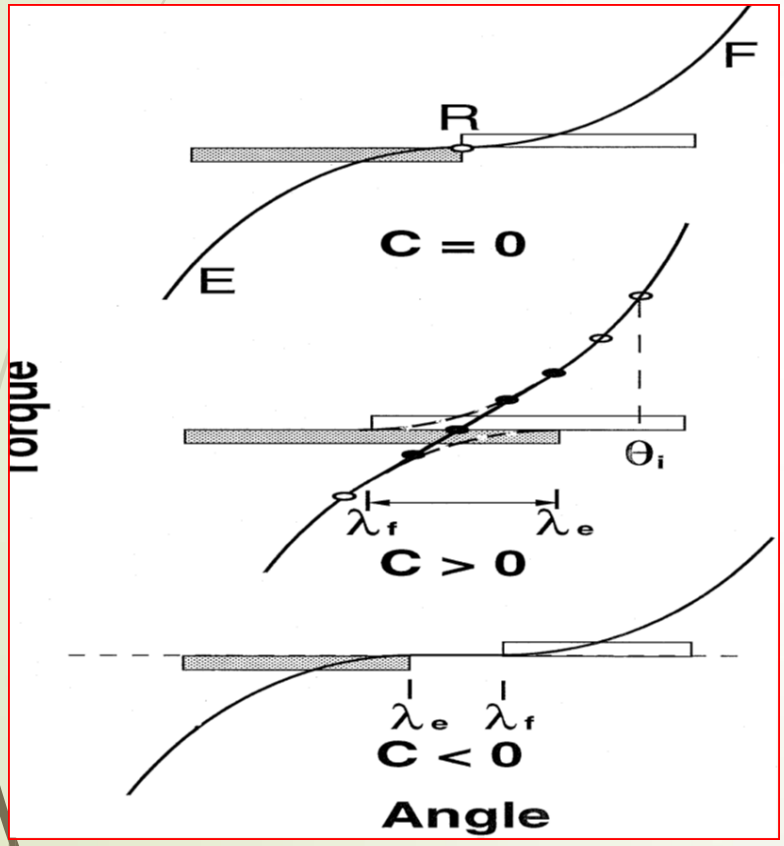




La capacità motoria residua di modulazione delle soglie può rappresentare un importante indicatore di recupero motorio (Turpin et al.,2017)



A: Normalmente, l'intervallo (R-, R +) di **regolazione della soglia** supera il range biomeccanico dell'articolazione (θ-, θ +), consentendo così al sistema di rilassarsi o attivare i muscoli con qualsiasi angolo all'interno dell'intervallo biomeccanico



-in base al compito motorio il range articolare di un' articolazione può essere suddiviso in zone dove:

agonista e antagonista sono entrambi attivi;

solo uno dei due gruppi muscolari è attivo;

nessuno dei due è attivo.

- Il comando centrale può spostare l'ampiezza e posizione di queste zone di attivazione

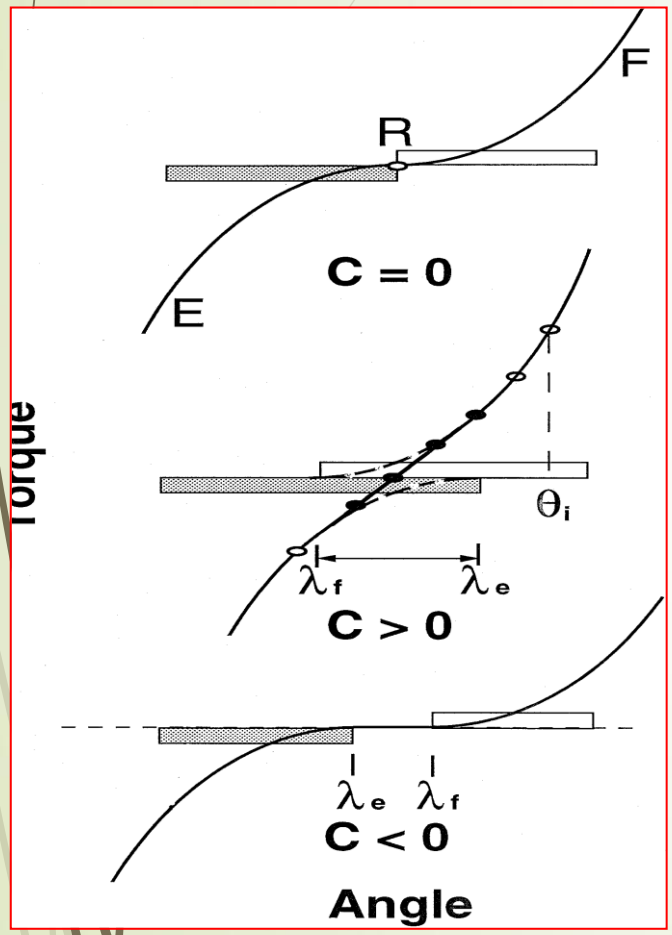
BRAIN RESEARCH

Brain Research 757 (1997) 43-59
Research report

Spatial zones for muscle coactivation and the control of postural stability

Mindy F. Levin, Marius Dimov
Centro di ricerca - Università di Montrèal
Canada

ELSEVIER



Determinazioni spaziali (comandi R e C) per l'attivazione reciproca e simultanea del flessore F ed estensore E secondo il modello λ

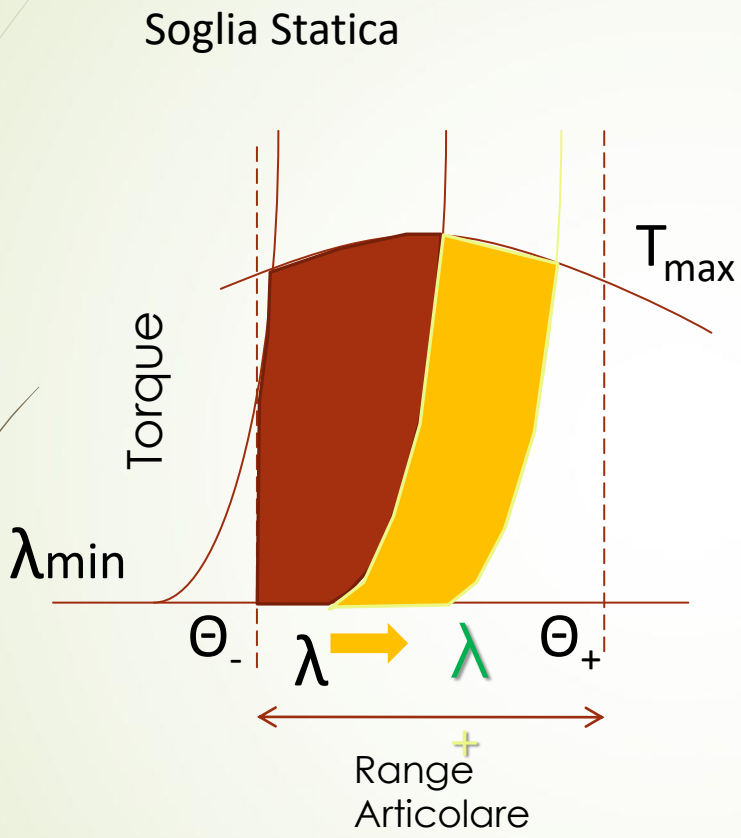
Riquadro superiore: il comando R determina un certo angolo (R) nel quale la componente attiva del torque articolare è zero. C=0 e quindi non c'è coattivazione muscolare

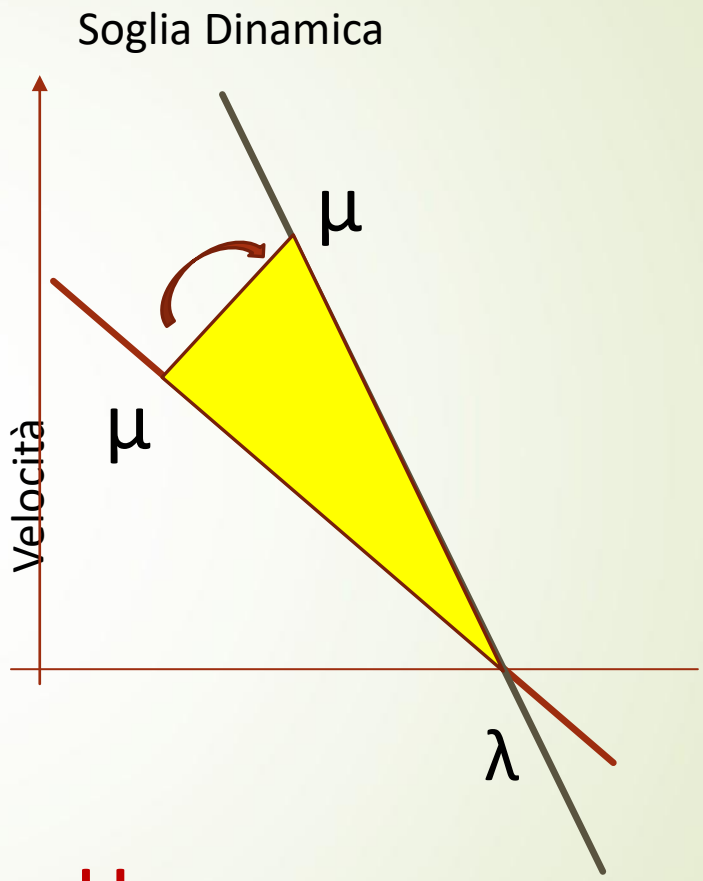
Le linee continue rappresentano la componente attiva al crescere del torque muscolare in situazione di staticità: le caratteristiche invarianti

Riquadro centrale: il comando C può specificare un intervallo angolare (barre orizzontali sovrapposte) in cui i muscoli agonisti e antagonisti possono essere coattivi (C > 0) a qualsiasi punto di equilibrio (cerchi pieni) all'interno della zona di coattivazione. Ai punti di equilibrio al di fuori della zona (cerchi aperti), il carico è bilanciato dalla sola forza muscolare dei F o E; λf e λe: angoli di soglia per l'attivazione dei rispettivi muscoli.

Riquadro inferiore: quando C<0, il comando C specifica una zona in cui i muscoli F ed E possono essere entrambi silenziosi

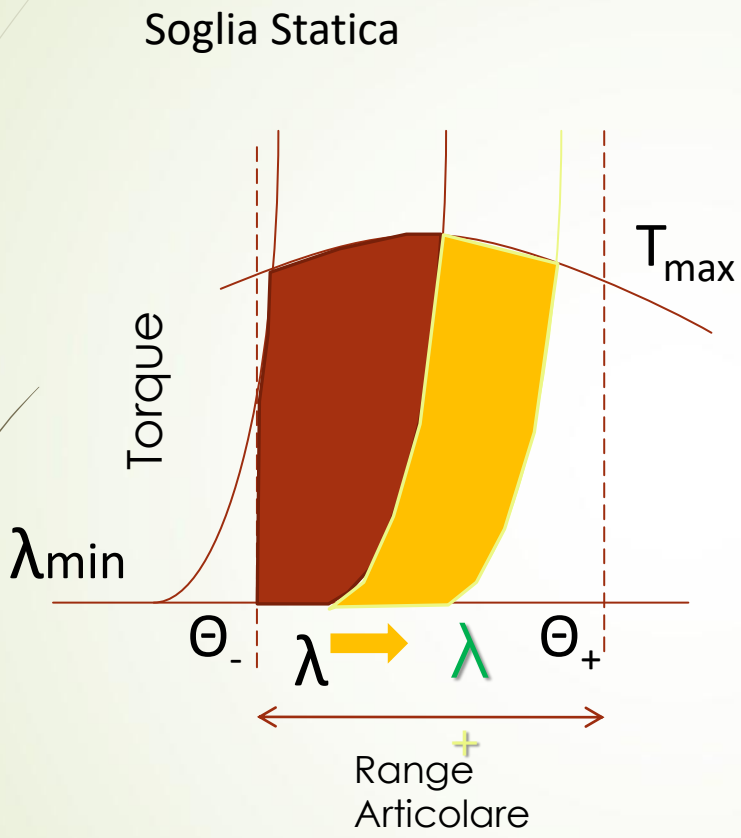
RILEVANZA CLINICA DEL CONTROLLO DI SOGLIA





L'esercizio terapeutico dovrebbe comportare l'attivazione di un'area aggiuntiva per il controllo motorio

RILEVANZA CLINICA DEL CONTROLLO DI SOGLIA



L'esercizio terapeutico dovrebbe comportare l'attivazione di un'area aggiuntiva per il controllo muscolare

CINQUANTA ANNI DELLA TEORIA DEL PUNTO DI EQUILIBRIO ANATOL G. FELDMAN

TEORIA EPH

DALLA TEORIA DEL PUNTO DI EQUILIBRIO ALLA TEORIA DEL CONTROLLO DI SOGLIA

TEORIA DEL CONTROLLO DI SOGLIA

DALLA TEORIA DEL CONTROLLO DI SOGLIA ALLA TEORIA DEL CONTROLLO REFERENTE DELLA PERCEZIONE E DELL'AZIONE (Feldman A. 2019)

TEORIA DEL CONTROLLO REFERENTE DI PERCEZIONE ED AZIONE

- **Il movimento è generato dai parametri di controllo**
- **Le traiettorie di movimento sono generate da una interazione tra SNC e apparato muscolo scheletrico, mediata dalla soglia del riflesso da stiramento e contesto**
- **Esiste un gruppo di parametri di controllo potenzialmente modificabili dal SNC**

PERFORMANCE - SISTEMA MOTORIO

Sistemi oscillatori Sistemi attrattori

- Sistemi Dinamici Attrattori:

  stabilità ridondanza competizione

- Apprendimento motorio:

  stabilità ridondanza competizione

Latash (1993): le variabili λ agonista e λ antagonista possono definire agilmente la traiettoria di un attrattore

APPRENDIMENTO MOTORIO

ACQUISIZIONE DI UN ORDINE SUPERIORE E/O DIVERSO DI COMPLESSITA' SISTEMICA

ELEMENTI FONDAMENTALI CHE IDENTIFICANO IL PROCESSO DI APPRENDIMENTO:

RITENZIONE E TRASFERIMENTO (GENERALIZZABILITA')

1paolo.lippi@gmail.com

IL CONCETTO DI APPRENDIMENTO MOTORIO IMPLICA LA PERSISTENZA NEL TEMPO DI ABILITA' APPRESE (RETENTION), E LA LORO GENERALIZZAZIONE A COMPITI DIFFERENTI. L'APPRENDIMENTO MOTORIO PUO' ESSERE OTTENUTO IN RIABILITAZIONE CON L'ESERCITAZIONE TERAPEUTICA. AD ESEMPIO L'ESERCIZIO CON ACCORCIAMENTO E SOLLECITAZIONE DI TRAZIONE (METODO GRIMALDI) SI CONFIGURA COME UNA INSTABILITA' CRITICA (PERTURBAZIONE) DEL SISTEMA PERCETTIVO-MOTORIO

L'ESERCIZIO TERAPEUTICO AMST E' UN EVENTO PERTURBATIVO MA I SUOI EFFETTI HANNO I TRATTI TIPICI DELL'APPRENDIMENTO E NON DELL'ADATTAMENTO

L'ADATTAMENTO CHE AVVIENE PER DISTORSIONE DEL CAMPO DI FORZE ESTERNO O VISUOMOTORIO, DOVUTO A PERTURBAZIONE NON CRITICA O FACILITAZIONE, E' RAPIDAMENTE ACQUISITO MA SVANISCE QUANDO LA FACILITAZIONE SCOMPARE, OVVERO NON PORTA AD APPRENDERE NUOVE ABILITA'E SOPRATTUTTO NON HA LA PROPRIETA' DI GENERALIZZAZIONE

APPRENDIMENTO MOTORIO

- **Il concetto di struttura coordinativa o sinergia aiuta a comprendere il processo di apprendimento: allestimento di nuovi vincoli coordinativi per giungere ad una interazione ottimale tra l'uomo e l'ambiente**
- **Seguire le fasi della nascita della struttura coordinativa è di notevole aiuto per la comprensione dell'apprendimento**
- **Bernstein negli anni 40 fece da apripista descrivendo la fenomenologia dell'apprendimento motorio dividendolo in 4 fasi.**
- **1)caos 2)fissazione tetanica (vincolamento eccessivo gdl) 3)formazione strutture coordinative 4) relaxing**

Per struttura coordinativa gli autori intendono un gruppo di muscoli che attraversa diverse articolazioni e che è vincolato ad agire insieme per un determinato scopo comportamentale

APPRENDIMENTO MOTORIO

L’apprendimento va nella direzione del minor dispendio energetico e interviene quando si raggiunge un rapporto critico tra l’energia che fluisce e la capacità del sistema di assorbirla e dissiparla. Tanta ne viene assorbita tanta ne deve essere dissipata. Quando il surplus di energia raggiunge valori critici il sistema dinamico complesso può dare origine ad altre, nuove e/o diverse configurazioni che possono diventare stabili.

- Il sistema muscolare possiede ridondanza motoria → lo stesso esito di movimento può essere ottenuto con un numero infinito di variazioni di pattern articolari
  - Ridondanza articolare
  - Ridondanza muscolare
  - Ridondanza delle unità motorie
  - Ridondanza dei motoneuroni
  - Ridondanza dei milioni di segnali che agiscono sugli interneuroni

Problema di scelta

↓

Informazioni → Vincoli - **SINERGIE**

- Il controllo motorio possiede un carattere probabilistico → alta variabilità. Il SNC diminuisce solo la probabilità che alcuni comportamenti motori avvengono ed altri no.

Nella teoria dei sistemi dinamici complessi M.T. Turvey N. Kugler e S. Kelso sostengono il principio della autorganizzazione dei sistemi basato sui meccanismi e i principi della termodinamica: quando le diverse parti di un sistema agiscono insieme esse giungono spontaneamente senza necessità di istruzioni ad un equlibrio… (Herman Haken)

Quando gruppi di neuroni condividono similarità di soglia e accoppiamenti similari di campo, tutti insieme danno origine alla scarica

DUE PRINCIPALI SCUOLE DI PENSIERO

NEL REALISMO INDIRETTO (COGNITIVISMO)

L'MMAGAZZINAMENTO E RECUPERO DELLE INFORMAZIONI IDENTIFICA IL MECCANISMO DEL CONTROLLO E DELL'APPRENDIMENTO MOTORIO - J. ADAMS, R.A. SCHMIDT, T. LEE

NEL REALISMO DIRETTO O TEORIA ECOLOGICA DELLA PERCEZIONE E DELL'AZIONE NATA CON GIBSON NEGLI USA L'APPRENDIMENTO SI CONFIGURA COME L'AQUISIZIONE DI UN ORDINE SUPERIORE E/O DIVERSO DI COMPLESSITA' SISTEMICA– J. J. GIBSON, M. TURVEY, W. WARREN, S. KELSO, G. SHONER

DUE PRINCIPALI SCUOLE DI PENSIERO

NEL REALISMO INDIRETTO - COGNITIVISMO

LE DISTRIBUZIONI DI ENERGIA ALLE SUPERFICI RECETTORIALI SONO INADEGUATE E PRIVE DI SIGNIFICATO PER RENDERE CONTO DELLA REALTA' OCCORRE UN MODELLO INTERNO O RAPPRESENTAZIONE INTERNA

NEL REALISMO DIRETTO O SCUOLA ECOLOGICA

LE DISTRIBUZIONI ENERGETICHE ALLE SUPERFICI RECETTORIALI SONO DIRETTAMENTE SIGNIFICATIVE E SI CORRELANO IN MODO UNIVOCO ALLA REALTA' (PERSONA-AMBIENTE SIMMETRIA INFORMAZIONALE) NON OCCORRE UN MODELLO INTERNO DELLA REALTA'.

I FLUSSI NEURALI PROVENIENTI DALLE SUPERFICI RECETTORIALI SONO AUTODESCRIVENTESI. L'INFORMAZIONE E' UNICA E SPECIFICA, NON RICHIEDE UN MODELLO INTERNO

REALISMO DIRETTO

NEL R D SI PASSA DAL CONCETTO DI PROGRAMMA MOTORIO E MODELLO INTERNO DEL MOVIMENTO AL CONCETTO DI ORGANIZZAZIONE DEGLI ATTI MOTORI MEDIANTE VINCOLI STRUTTURE COORDINATIVE, SINERGIE E SISTEMI DINAMICI COMPLESSI CON MOLTI GDL

I SISTEMI DINAMICI COMPLESSI DOTATI DI UN ELEVATO NUMERO DI GRADI DI LIBERTA' POSSONO GENERARE NUOVE E/O DIVERSE CONFIGURAZIONI STABILI (APPRENDIMENTO COME FENOMENO EMERGENTE)

Se i flussi informazionali sono sufficienti, campi di neuroni possono divenire rapidamente sincronizzati se condividono similarità di soglia e accoppiamenti similari di campo e far emergere il comportamento motorio (Kugler, 1986)

L'apprendimento interviene quando viene ad esserci incongruenza tra azione e percezione (quello che uno fa e quello che uno sente).
Se tale incongruenza, in relazione alla medesima intenzionalità, si ripete più volte in prove successive che si svolgono in un breve tempo, può intervenire la stabilizzazione definitiva del vincolo e si può assistere in questo caso al processo di apprendimento.

Crippa, A., Cardini, R., Pellegatta, D., Manzoni, S., Cattaneo, D., Marazzini, F. (2004). Effects of sudden, passive muscle shortening according to Grimaldi's method on patients suffering from multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, *18*(1), 47– 52. https://doi.org/10.1177/0888439003261829

Melchiorre, D., Lippi, P., Marchi, A. , Maresca, M., Bravi, R., Quarta, E., Lazzerini, P., Bagni, M.A. (2018) Muscle shortening maneuver and not topical anti-inflammatory therapy is effective in reducing the width of subacromial-subdeltoid bursa in shoulder impingement syndrome, *Proc.SPIE 10582, Laser Florence 2017: Advances in Laser Medicine*; 105820B; doi: 10.1117/12.2319694.

Longo, D., Longo, L., Lippi, P., Cherubini, G., Mangé, V. (2017). Effects of laser therapy and Grimaldi's muscle shortening manoeuvre on motor control of subjects with incomplete spinal cord injuries. *Laser therapy*, *26*(3), 203–209. https://doi.org/10.5978/islsm.17-OR-16

Longo, D., Branchi, E., Matucci-Cerinic, P., Bagni, M. A., Matucci-Cerinic, M., Melchiorre, D. (2022). Shoulder impingement syndrome in water polo players: muscle shortening manoeuvre controls pain intensity, recovers function and normalizes sonographic parameters. *Journal of ultrasound*, 10.1007/s40477-021-00645-0. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s40477-021-00645-0

Longo, D., Lombardi, M., Lippi, P., Melchiorre, D., Bagni, M. A., Ferrarello, F. (2021). The muscle shortening manoeuvre: applicability and preliminary evaluation in children with hemiplegic cerebral palsy: a retrospective analysis. *Journal of rehabilitation medicine. Clinical communications*, *4*, 1000062. https://doi.org/10.2340/20030711-1000062

Sistemi oscillatori Sistemi attrattori

- Sistemi Dinamici Attrattori:

  stabilità ridondanza competizione

- Apprendimento motorio:

  stabilità ridondanza competizione

Latash (1993): i parametri λ agonista e λ antagonista possono definire agilmente la traiettoria di un attrattore

SISTEMA MOTORIO

IL PRINCIPIO DI ACCORCIAMENTO CON SOLLECITAZIONE DI TRAZIONE (Viscuso A. 2013)

Accorciamento muscolare in sollecitazione di trazione (Grimaldi L. 1984,86,88).
Determina un disaccoppiamento tra scarica dei recettori di tensione e recettori di lunghezza (perturbazione critica). Rottura della simmetria informazionale. Perdita della capacità di sviluppare tensione in opposizione alla perturbazione (perdita dell'isomorfismo) FALLIMENTO DI CONTRAZIONE.
Con l'esercizio è possibile ottenere il ripristino della invarianza relazionale (SNC) recupero della capacità di allestire nuove soglie (apprendimento) e contemporanea comparsa di nuove e/o diverse competenze motorie (caratteristica invariante e nuova soglia del rts)

A. Feldman
EPH teoria del controllo di soglia

Teoria Ecologica ('70,Gibson)

Deformazione tessutale

stiramento muscolare pre-accorciamento

↓

stimolazione recettoriale fusoriale

↓

arruolamento di unità motorie

↓

tentativo di produrre tensione

Accorciamento muscolare

Contraction failure

↓

conseguente disaccoppiamento tra la scarica dei recettori di lunghezza e recettori di tensione

↓

vuoto informazionale

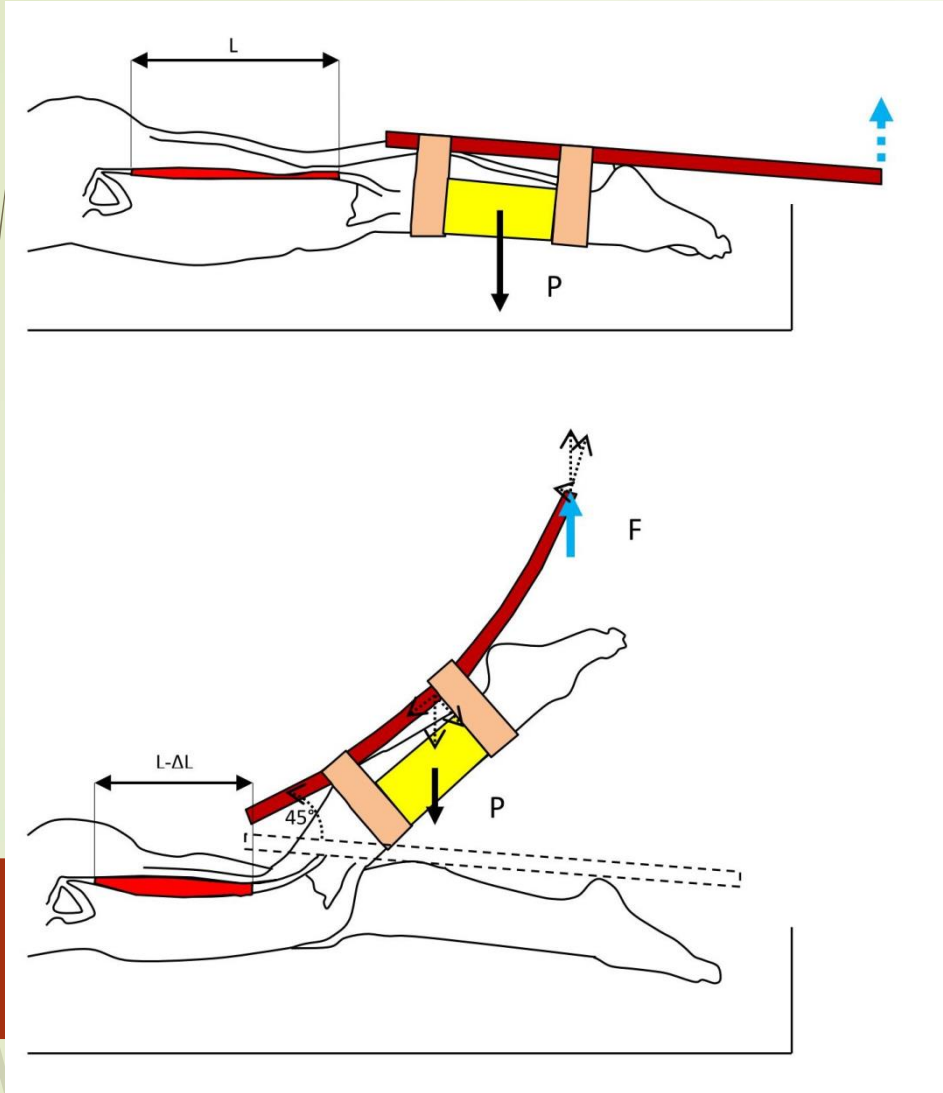
↓

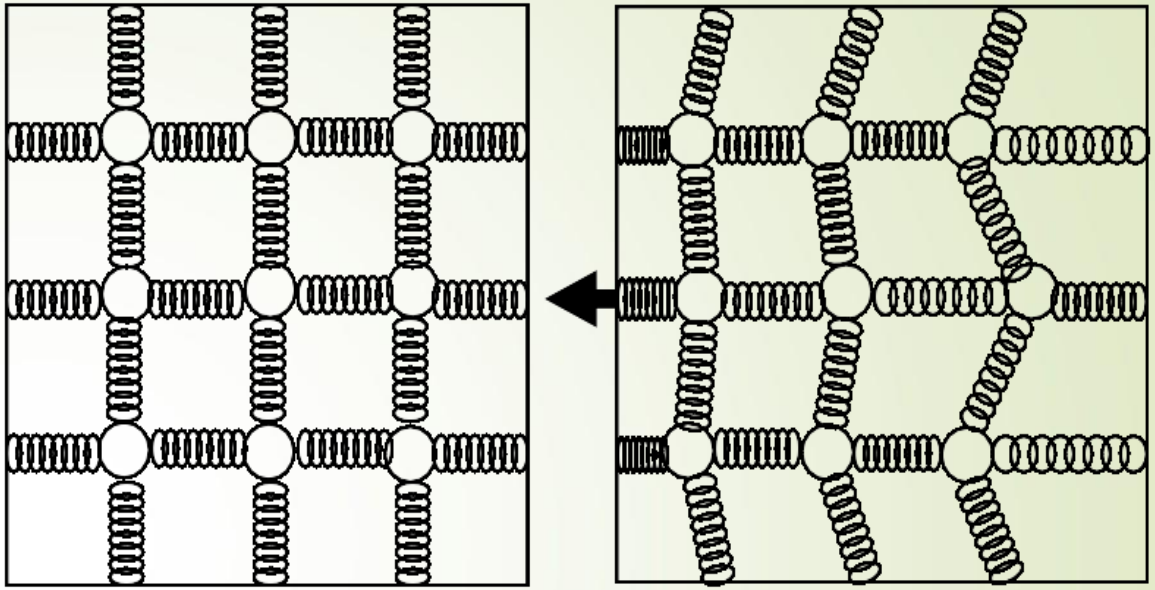
elisione invarianza relazionale fra **Fi** **e** **Fe**

(punto di equilibrio)

↓

Rottura della stabilità





Modello del comportamento disomogeneo del sistema muscolo-scheletrico soggetto a forze esterne

Alcune ricerche confermano l'esistenza meccanismi con i quali possono intervenire cambiamenti di forza in tempi brevi come nell'esercizio AMST (15-20')

Modificazioni di forza a breve termine indotte da adattamento neuronale (Enoka 1988):

Riordinamento sinaptico

Smascheramento di sinapsi latenti

La riorganizzazione e lo smascheramento di sinapsi latenti può intervenire nell'arco temporale di alcuni minuti (Sanes & Donoghue 1993)

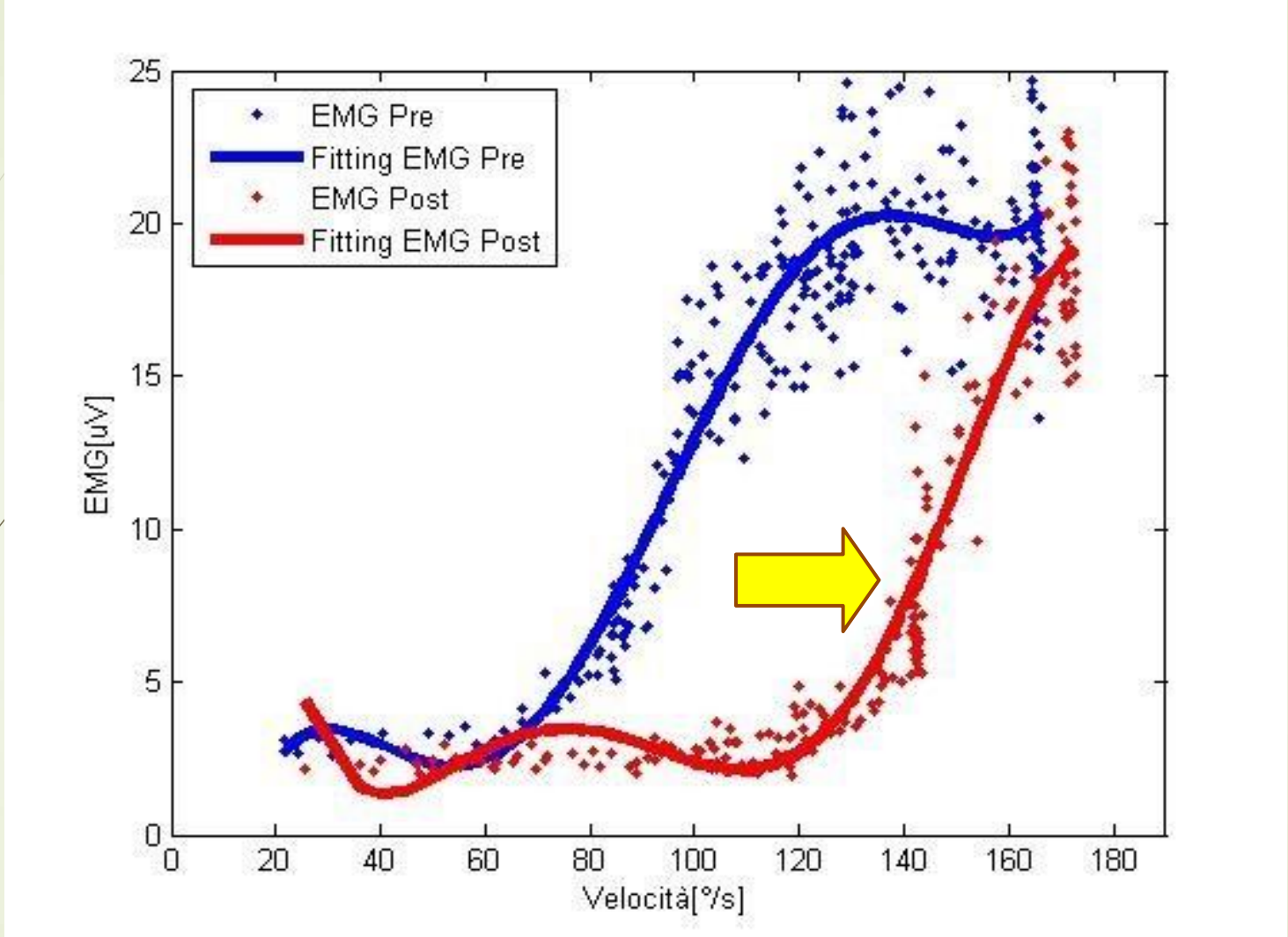
La ricerca fino ad oggi effettuata ipotizza che i possibili miglioramenti motori siano interpretabili come ripristino, anche parziale, del range di modulazione centrale delle soglie statiche. Miglioramenti funzionali con questa metodica sono stati riportati da diversi studi, ad esempio su una popolazione di persone che hanno avuto ictus (Diverio M.Breschi M. 1992), di persone con sclerosi multipla (Cardini R. 2004, Crippa A. 2004), in bambini con emiparesi (Longo D. 2021) e in patologie muscolo scheletriche (Melchiorre D.et Al. 2013). Anche se i meccanismi neurofisiologici restano tuttora non completamente chiariti, l'essenza dell'esercitazione terapeutica a livello clinico e comportamentale si ipotizza risiedere nel contrasto fra l'accorciamento del muscolo e la fisiologica conseguenza di produrre tensione muscolare provocata dalla scarica fusoriale, con cui equilibrare la trazione esterna applicata. L'esercizio è un evento in sé perturbativo ma i suoi effetti hanno tratti tipici nell'apprendimento e non dell'adattamento motorio. (Orsini P. 2021)

AMST

Gli autori che hanno introdotto in clinica l'esercizio di "accorciamento muscolare e sollecitazione di trazione" hanno suggerito che una possibile interpretazione possa trovarsi nella teoria del "controllo referente di percezione e azione", elaborata da A. Feldman e le osservazioni cliniche fin qui riportate sembrano confermarlo. Secondo questa teoria, la variazione da parte del SNC delle soglie statiche dello stretch reflex, espresse in coordinate di lunghezza muscolare o angolo articolare, è alla base del movimento volontario. In particolare, è stato ipotizzato che l'esercizio possa causare una perturbazione critica del campo informazionale, tale da determinare l'instabilità del flusso neurale necessario al controllo percettivo-motorio. In altre parole una instabilità, rottura o perdita di simmetria del campo informazionale. Perdita dell'isomorfismo ovvero delle relazioni invarianti tra proprietà reali (ad es la soglia λ)

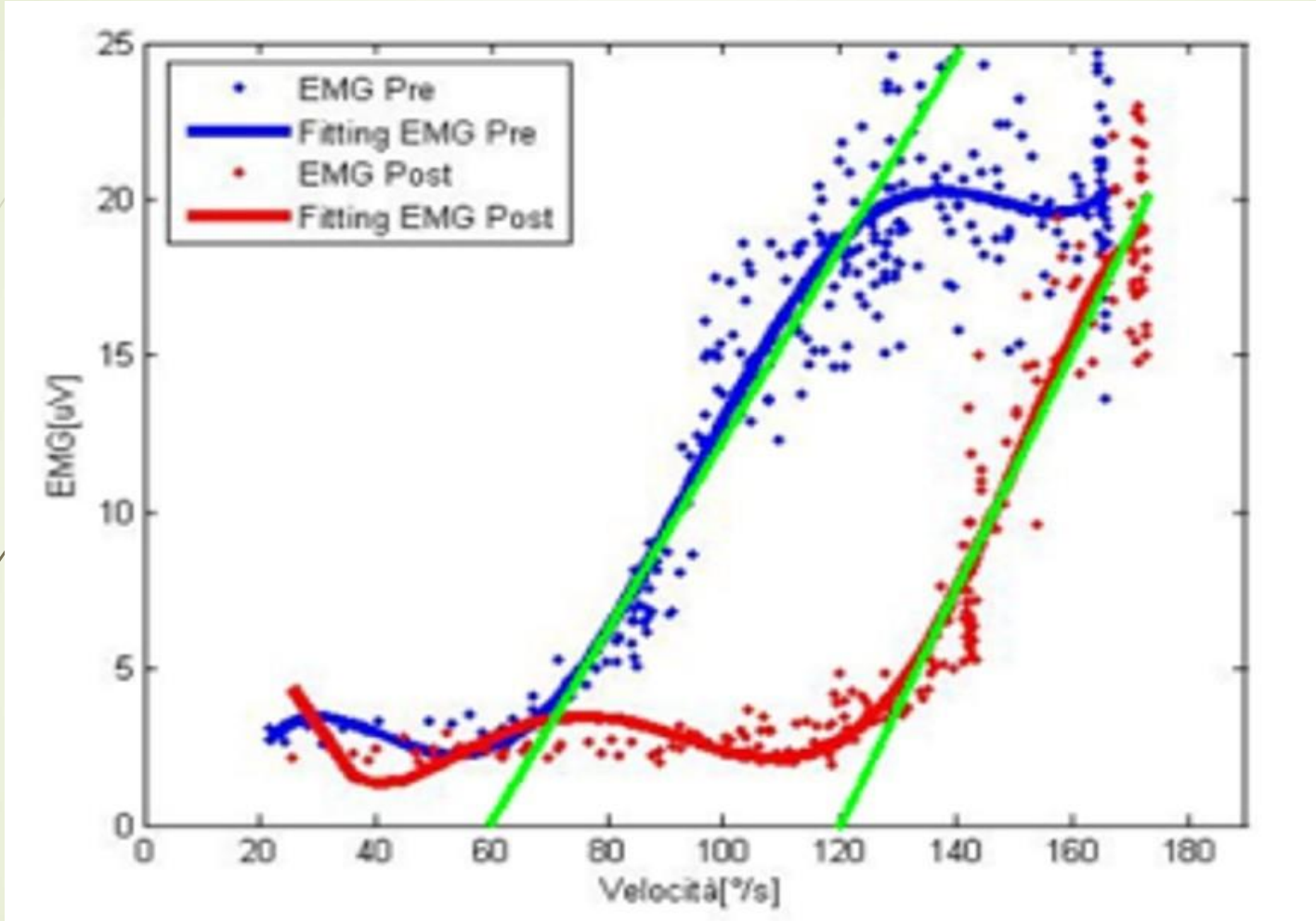
Comportamenti emergenti Outcomes attesi

1. Comparsa di nuovo movimento intenzionale finalizzato e/o di nuove traiettorie di movimento, o modificazione di traiettorie presenti
2. Incremento di forza (jerk) Incremento del range di movimento AROM
3. Incremento della forza isometrica/concentrica/eccentrica
4. Riduzione della differenza ΔPA (ΔPA= PROM-AROM)
5. Incremento della FLUIDITA' di esecuzione del movimento (smoothness)
6. Incremento della resistenza alla ripetizione o alla durata del movimento (work-endurance)
7. Incremento della capacità di controllo del carico esterno
8. Comparsa di movimento o di incremento coordinativo attribuibile a gruppi muscolari antagonisti rispetto all'azione di quelli esercitati
9. Comparsa o incremento di attività muscolare volontaria cooperativa o sinergica



Confronto tra il pre e il post.
La curva EMG-velocità del post si è spostata verso velocità più alte

1paolo.lippi@gmail.com

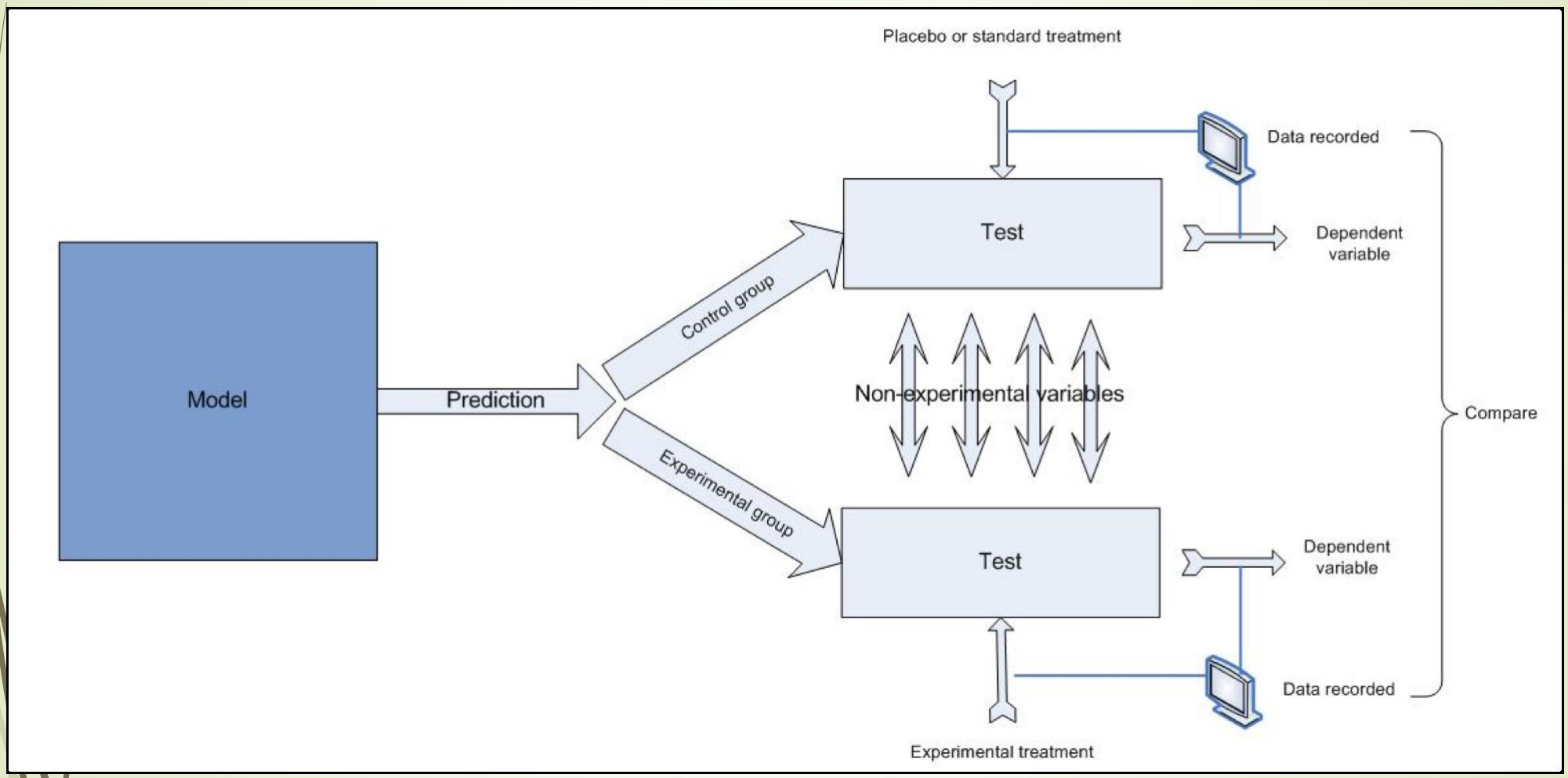


Visualizzazione dello spostamento di soglia

EFFECTS OF MUSCLE SHORTENING MANOVEUR ON MOTOR CONTROL: PRE-CLINICAL AND CLINICAL MODELS

Applicant: D. Longo, PT, MSc

Dottorato in "Scienze Biomediche"
XXXIV° ciclo
"Scuola di Dottorato Biomedica", Università degli Studi di Firenze
Sezione concorsuale per l'indirizzo "Scienze Fisiologiche e Nutrizionali"
Tematica: "Strategies and issues of motor control in human voluntary movements"


Placebo or standard treatment
Data recorded
Test
Dependent variable
Model
Prediction
Control group
Non-experimental variables
Compare
Experimental group
Test
Dependent variable
Data recorded
Experimental treatment

A novel mechatronic system for evaluating elbow muscular spasticity relying on Tonic Stretch Reflex Threshold estimation

Giuseppe Averta[1,2,3], Massimiliano Abbinante[1], Piero Orsini[1], Federica Felici[2], Paolo Lippi[4], Antonio Bicchi[1,2,3], Manuel G. Catalano[1,2], and Matteo Bianchi[1,3]

1 – Centro di ricerca E. Piaggio – Università di Pisa

2 – Soft Robotics for Human Cooperation and Rehabilitation, Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia

3 – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione – Università di Pisa

4 – Public Assistance, Chiesina U., Pistoia, Italy. Freelance Researcher. Private Practice.

A novel mechatronic system for evaluating muscular spasticity at the elbow level relying on TSRT estimation

Giuseppe Averta[1,2,3], Massimiliano Abbinante[1], Piero Orsini[1], Paolo Lippi[4], Antonio Bicchi[1,2,3], Manuel G. Catalano[1,2], and Matteo Bianchi[1,3]

***Abstract*— Muscular spasticity represents one of the most common motor disorder associated to lesions of the Central Nervous System, such as Stroke, and affects joint mobility up to the complete prevention of skeletal muscles voluntary control. Its clinical evaluation is hence of fundamental rele- vance for an effective rehabilitation of the affected subjects. Standard assessment protocols are usually manually performed by humans, and hence their reliability strongly depends on the capabilities of the clinical operator performing the procedures. To overcome this limitation, one solution is the usage of mechatronic devices based on the estimation of the Tonic Stretch Reflex Threshold, which allows for a quite reliable and operator-independent evaluation. In this work, we present the design and characterization of a novel mechatronic device that targets the estimation of the Tonic Stretch Reflex Threshold at the elbow level, and, at the same time, it can potentially act as a rehabilitative system. Our device can deliver controllable torque/velocity stimulation and record functional parameters of the musculo-skeletal system (joint position, torque, and multi- channel ElectroMyoGraphyc patterns), with the ultimate goals of: i) providing significant information for the diagnosis and the classification of muscular spasticity, ii) enhancing the recovery evaluation of patients undergoing therapeutic rehabilitation procedures and iii) enabling a future active usage of this device also as therapeutic tool.**

***Clinical relevance*— The contribution presented in this work proposes a technological advancement for a device-based eval- uation of motion impairment due to spasticity, with a major potential impact on the evaluation of impairment severity and on the rehabilitation procedures.**

I. INTRODUCTION AND MOTIVATION

The connective-musculo-skeletal system is a marvelous and extremely complex natural system, organized in rigid segments (bones) that are moved by a redundant number of muscles through specific connective structures (tendons, aponeuroses, etc.). In physiological conditions, this system is responsible for the extraordinary adaptability in motion execution. When a lesion affects the Central Nervous System (CNS), e.g. stroke, stereotyped movement patterns arise, which are the consequence of the pathological coupling between different Degrees of Freedom (DoFs) and of the loss of individual control over single joints [1]. This behavior can be observed both at the level of the upper limb, during reaching and task-oriented movements, and at the level of the lower limb, during gait.

[1] Centro di Ricerca "Enrico Piaggio", Universita' di Pisa, Pisa, Italy
giuseppe.averta@ing.unipi.it
[2] Soft Robotics for Human Cooperation and Rehabilitation, Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia Genova, Italy
[3] Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Universita' di Pisa, Pisa, Italy
[4] University of Florence, Florence, Italy

Fig. 1: Overview of the proposed device while a subject is performing the task.

Among the different neurological diseases, stroke has a considerable societal impact and represents one of the main causes of death and disability worldwide. For example, looking at the United States only, an American dies of stroke every 4 min (Centers for Disease Control and Prevention, 2015). In stroke patients, it is common to observe an impair- ment of the sensory-motor capabilities, which is typically associated to the reduction of the active range of motion, to the loss of meaningful inter-joint coordination, muscle weakness and spasticity [2], [3], [4].

Spasticity is characterized by an involuntary velocity- dependent stretch reflex that causes inappropriate activation of the stretched muscle during passive and active movements. This leads to the abnormal increase of the resistance to the motion itself, as underlined in the classical definition of Lance [5]. It is hence clear that the clinical appraisal of muscle spasticity is highly relevant not only for the assessment of the level of impairment but also to evaluate the effects of the rehabilitation strategies in use.

To this aim, standard clinical approaches often rely on the application of a modified Ashworth scale (MAS) [6], which quantifies the resistance exhibited by a muscle that undergoes passive movements imposed by the examiner. However, since muscle stretch resistance is a combination of multiple causes, which act both at the central neural level and locally, due to the modification of the viscoelastic properties of muscles, tendons and ligaments, MAS cannot distinguish between the neural and non-neural components. Furthermore, the MAS scale is not able to evaluate the velocity-dependent resistance to passive stretching, which is one of the core characteristics of spasticity. Last but not least, MAS evaluation is highly operator-dependent, since it is usually manually performed. To overcome these limitations, alternative approaches

La metodica AMST si presta bene alla valutazione sulla base del controllo di soglia. L'esercizio AMST agisce su un gruppo muscolare deficitario scelto per l'esercizio. Il muscolo viene accorciato in modo "passivo" applicando una serie di rapide accelerazioni, mentre lo stesso gruppo muscolare è soggetto a forze di stiramento in direzione contraria. L'accorciamento passivo non impedisce alle forze di stiramento di agire sul muscolo ed è ottenuto dal terapeuta manualmente o tramite l'uso di dispositivi quali pesi, molle aste flessibili e device elettromeccanici.

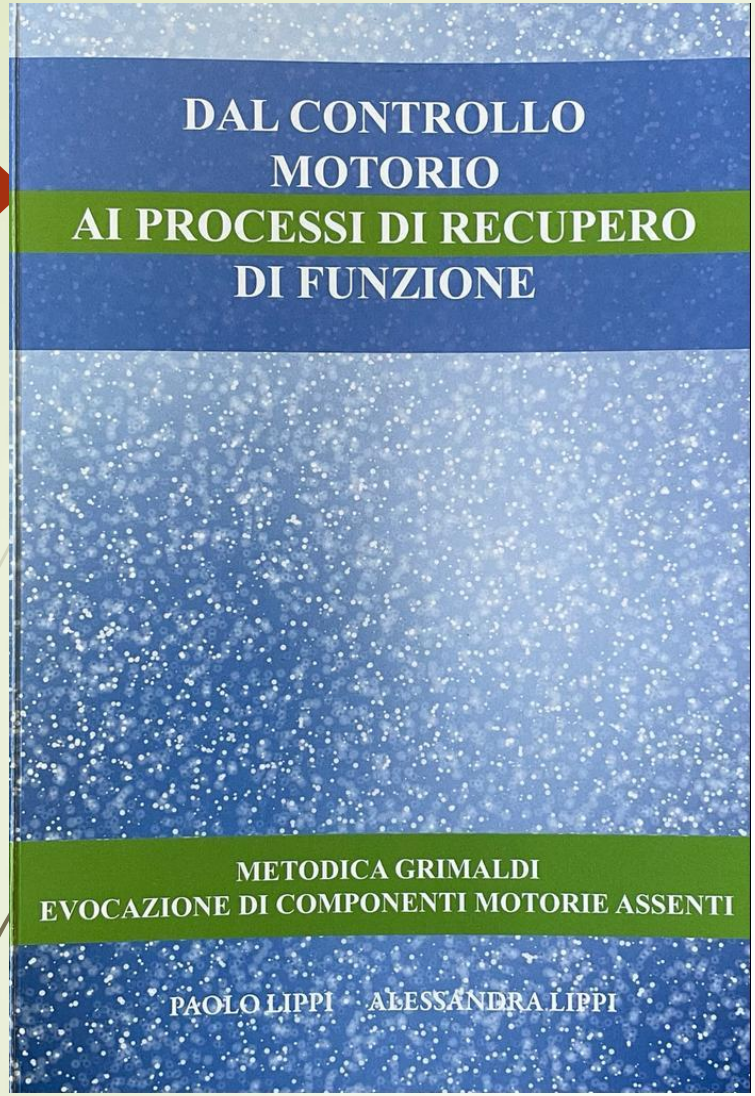
IMG-5422.MOV

1paolo.lippi@gmail.com

Associazione "Luigi Grimaldi"

METODO GRIMALDI PRINCIPIO TERAPEUTICO

"Fatti e teorie sono nemici naturali – una teoria può riuscire per qualche tempo ad addomesticare alcuni fatti, ma presto o tardi i fatti tornano alle loro maniere predatorie. Ma le teorie meritano la nostra simpatia perché sono indispensabili allo sviluppo della scienza….. Comunque le teorie sono troppo pericolose, perché spesso funzionano come paraocchi invece che occhiali. Una malposta fiducia in una teoria può impedirci di vedere i fatti come realmente sono" P. Wilkie 1954



ISBN 978-88-8251- 523-2

Giampiero Pagnini Editore
Firenze

Finito di stampare
Febbraio 2016
-
Edizioni tipografiaemmedi

REFERENCE

1) Grimaldi L., Lippi P., Marri P., Fantozzi M., Bracci R. Evocation of absent motor components in CNS lesions. Giardini vol.1-3 1984-86-88

2) Grippa A., Cardini R., Pellegatta D., Manzoni S., Cattaneo D., Marazzini F. Effects of Sudden, Passive Muscle Shortening According to Grimaldi's Method on Patients Suffering from Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2004 18: 47

3) Averta G., Abbinante M., Orsini P., Felici F., Lippi P., Bicchi A., Catalano M. G., Bianchi M. A novel mechatronic system for evaluation elbow muscular spasticity relying on Tonic Stretch Reflex Threshold estimation. EMBC; 2020. Montreal.

4) Longo D., Lombardi M., Lippi P., Melchiorre D., Bagni M. A., Ferrarello F. The muscle shortening manoeuvre: applicability and preliminary evaluation in children with hemiplegic cerebral palsy: a retrospective analysis. Journal of Rehabilitation Medicine Clinical Comunications 2021,

5)Longo D, Longo L, Lippi P, Cherubini G, Mangé V. Effects of laser therapy and Grimaldi's muscle shortening manoeuvre on motor control of subjects with incomplete spinal cord injuries. Laser Ther 2017; 26: 203–209.

6) Melchiorre D, Lippi P, Marchi A, Maresca M, Bravi R, Quarta E, et al. Muscle shortening maneuver and not topical antiinflammatory therapy is effective in reducing the width of subacromial-subdeltoid bursa in shoulder impingement syndrome. Proc SPIE 2018; 10582: 1–6.

7) Lippi P. Lippi A. Dal controllo motorio ai processi di recupero di funzione. Ed Pagnini Firenze ISBN 978-88-8251-523-2

8) Diverio M, e Breschi S. Results of a year of research using Grimaldi's technique on patients suffering from stroke [Italian]. Giorn Ital Med Riab 1992;3(VI):270-277.

1paolo.lippi@gmail.com

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

1paolo.lippi@gmail.com