



**SIMPOSIO SATELLITE
RIUNIONE DI MACRO-AREA SINC CALABRIA E ISOLE**

LA VALUTAZIONE DEL PAZIENTE CON SPASTICITA'

Valutazione elettromiografica ed ultrasonografica

P. Girlanda



Dichiaro l'assoluta autonomia dei contenuti scientifici del mio intervento e l'indipendenza da interessi economici commerciali con possibili aziende sponsorizzatrici.

P. Girlanda

SCALETTA

- Introduzione: Spasticità $\Leftrightarrow$ EMG/ECO
- Infiltrazioni di farmaci guidate (BoNT-Fenolo)
- Ricerca di markers surrogati quantitativi
- Migliore definizione dei meccanismi fisiopatologici
- Tecniche EMG e derivate
- US

Ausilio per l'infiltrazione

Guida EMG - Ecografia

Muscoli “difficili”

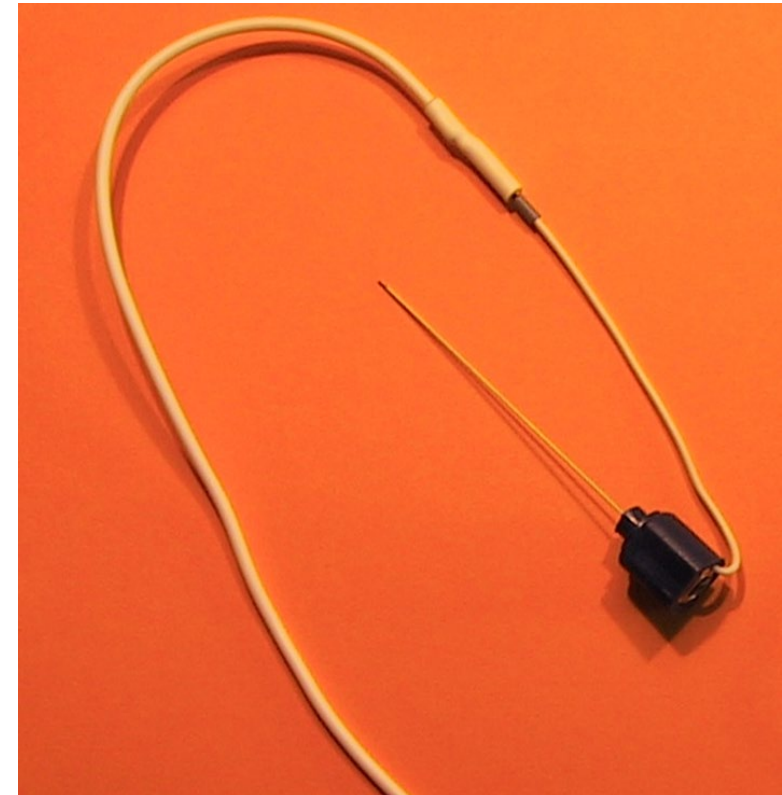
Muscoli profondi

Muscoli non facilmente individuabili
col solo esame clinico

Punto motore

Infiltrazione guidata mediante EMG – Stim. elettrica

- 1) Localizzazione dei muscoli iperattivi durante attivazione muscolare attiva o passiva.
- 2) Stimolazione elettrica con localizzazione del punto motorio tramite ago ipodermico utilizzato per iniettare e registrare l'EMG simultaneamente.



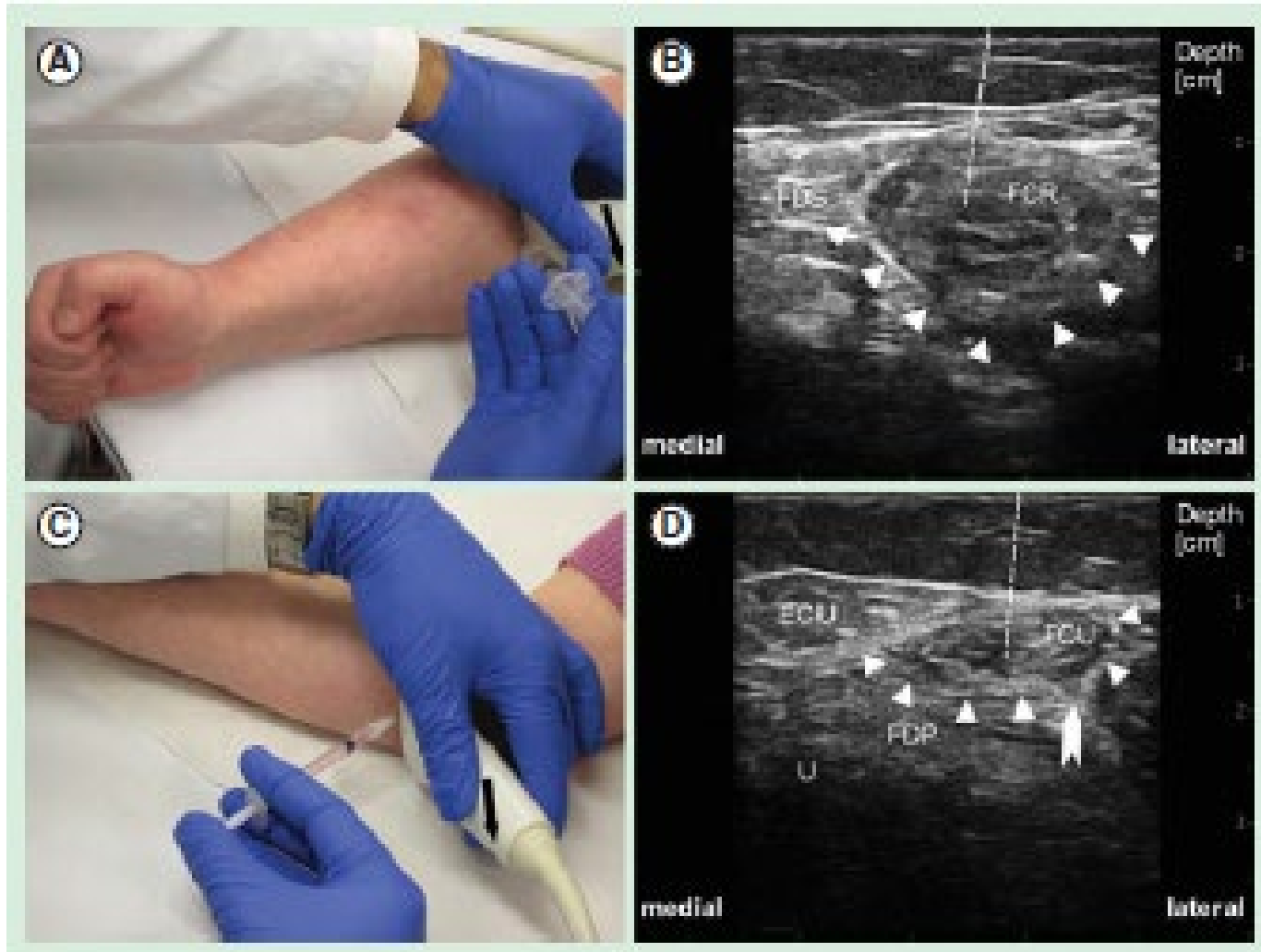
Infiltrazione guidata mediante EMG



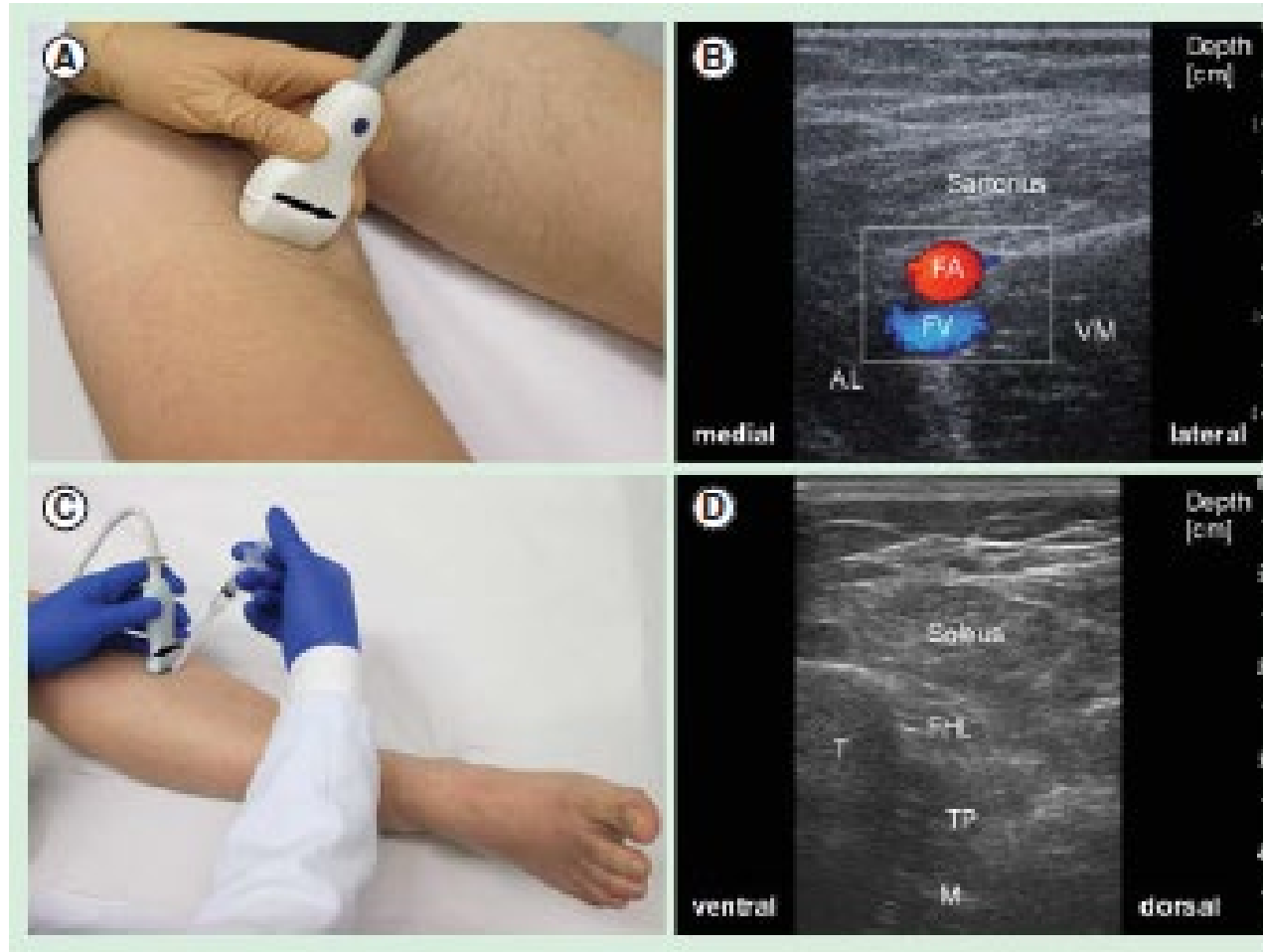
Infiltrazione eco-guidata



US della regione prossimale dell'avambraccio per guidare l'iniezione di tossina botulinica



US dei muscoli della coscia e della gamba per guidare l'iniezione di tossina botulinica



Spasticity, an impairment that is poorly defined and poorly measured

S Malhotra, AD Pandyan School of Health & Rehabilitation and Research Institute for Life Course Studies, University of Keele, **CR Day** Research Institute for Environment, Physical Sciences & Applied Mathematics, University of Keele, **PW Jones** Research Institute for Science and Technology in Medicine, University of Keele, UK and **H Hermens** Roessingh Research and Development BV, Enschede, The Netherlands

Table 1 Definitions of the term 'spasticity' used in the literature

Measures used:	Definitions used:			
	Lance	Muscle tone	None	Others
Clinical trials	59	69	58	4
Literature reviews	16	13	15	2
Case reports	3	6	5	0
Total	78 (31%)	88 (35%)	78 (31%)	6 (3%)

250
lavori

Spasticity, an impairment that is poorly defined and poorly measured

S Malhotra, AD Pandyan School of Health & Rehabilitation and Research Institute for Life Course Studies, University of Keele, **CR Day** Research Institute for Environment, Physical Sciences & Applied Mathematics, University of Keele, **PW Jones** Research Institute for Science and Technology in Medicine, University of Keele, UK and **H Hermens** Roessingh Research and Development BV, Enschede, The Netherlands

Table 2 Observed congruence between the definition of spasticity and methods of measurement

Measures used:	Definitions used:		
	Lance	Muscle tone	Others (spasm)
Clinical scales using an externally imposed stretch	33	60	2
Instrumented biomechanical measures	7	3	0
Neurophysiological	8	4	1
Hybrid (a combination of neurophysiological and biomechanical)	13	3	0
Posture	1	3	0
No measure described	0	2	1
Total	62	75	4

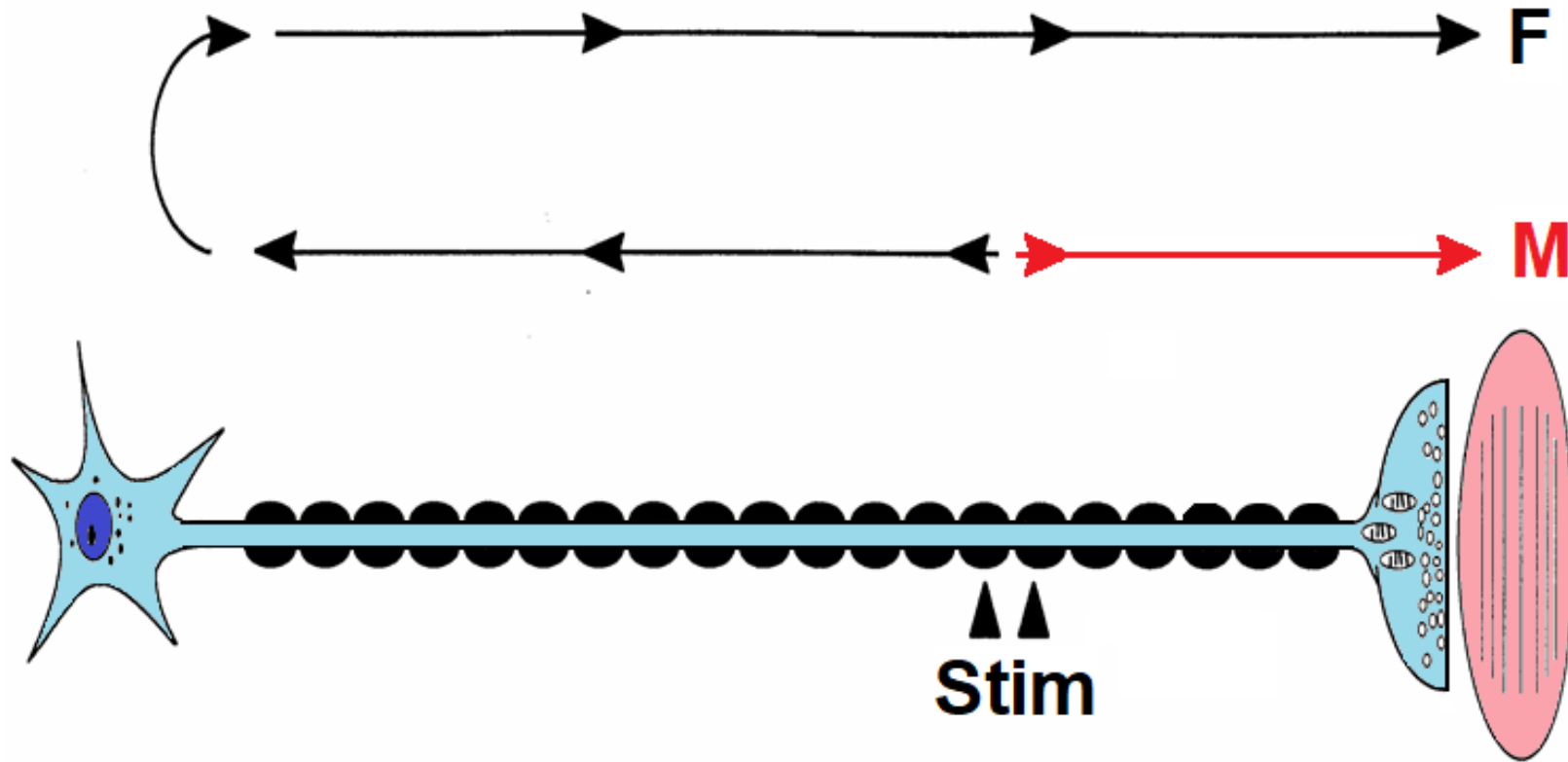
Metodi neurofisiologici per valutare la spasticità

Mechanism	Test	Normal Values	Values in Spasticity
Alpha motor neuron excitability	Hmax/Mmax	5%–35%	Increased
	Tmax/Mmax F response	5%–40% 1%–5% of M amplitude	Increased Increased amplitude/frequency
Presynaptic inhibition	Vibratory index (VI)	40% in relaxed subject (wide variability)	Acute ₀ no change in VI Chronic ₀ reduced significantly
Reciprocal inhibition	Conditioned H reflex by antagonist contraction/sensory stimulation	H reflex inhibited	Decreased inhibition/facilitation of H reflex
Recurrent (Renshaw) inhibition	H responses to double collision (Pierrot-Deseilligny)	H reflex inhibited	Variable results
Polysynaptic activity	Tonic vibration reflex		Abnormal
	H reflex recovery cycle		Abnormal
	Flexor reflexes		Widespread response

Metodi neurofisiologici per valutare la spasticità

- Risposte EMG a stimoli elettrici
 - Onda F
 - Riflesso H
- Risposte EMG a stimoli meccanici
 - Riflesso T
 - Risposte polisynaptiche
- Risposte EMG durante movimenti attivi e passivi
 - Stretch reflex (SR)
- sEMG
 - Cocontraction Index
 - Soglia del riflesso tonico da stiramento
 - Altri parametri complessi

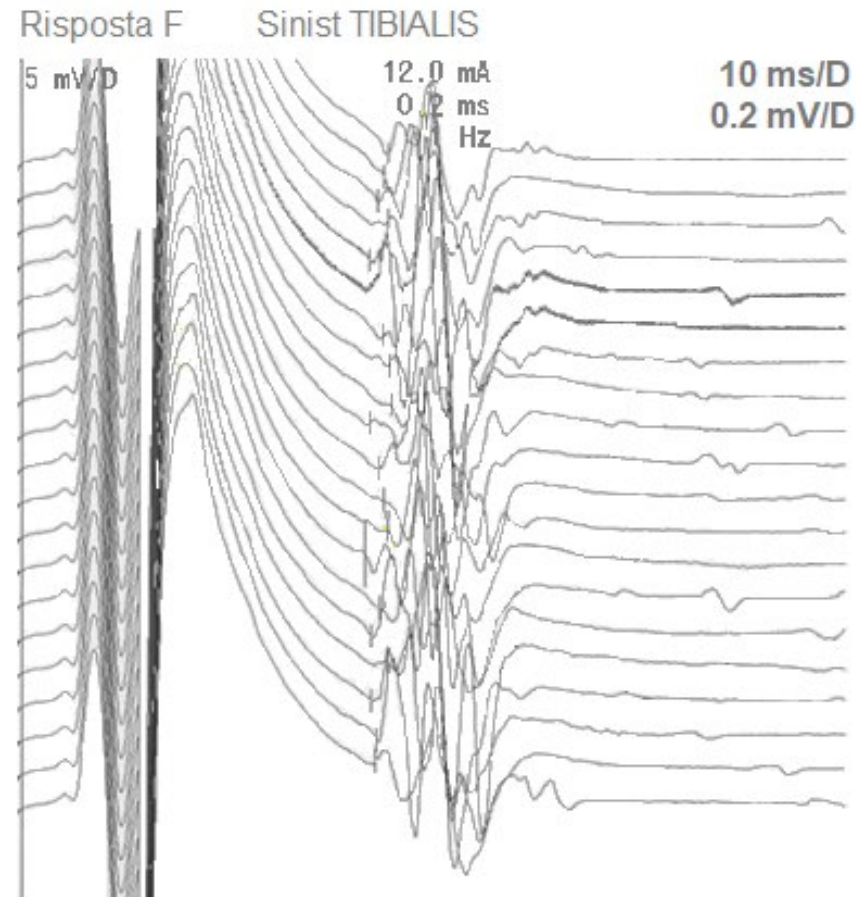
Onda F



è il risultato della scarica di motoneuroni attivati ANTIDROMICAMENTE da uno stimolo elettrico sovramassimale applicato ad un nervo periferico

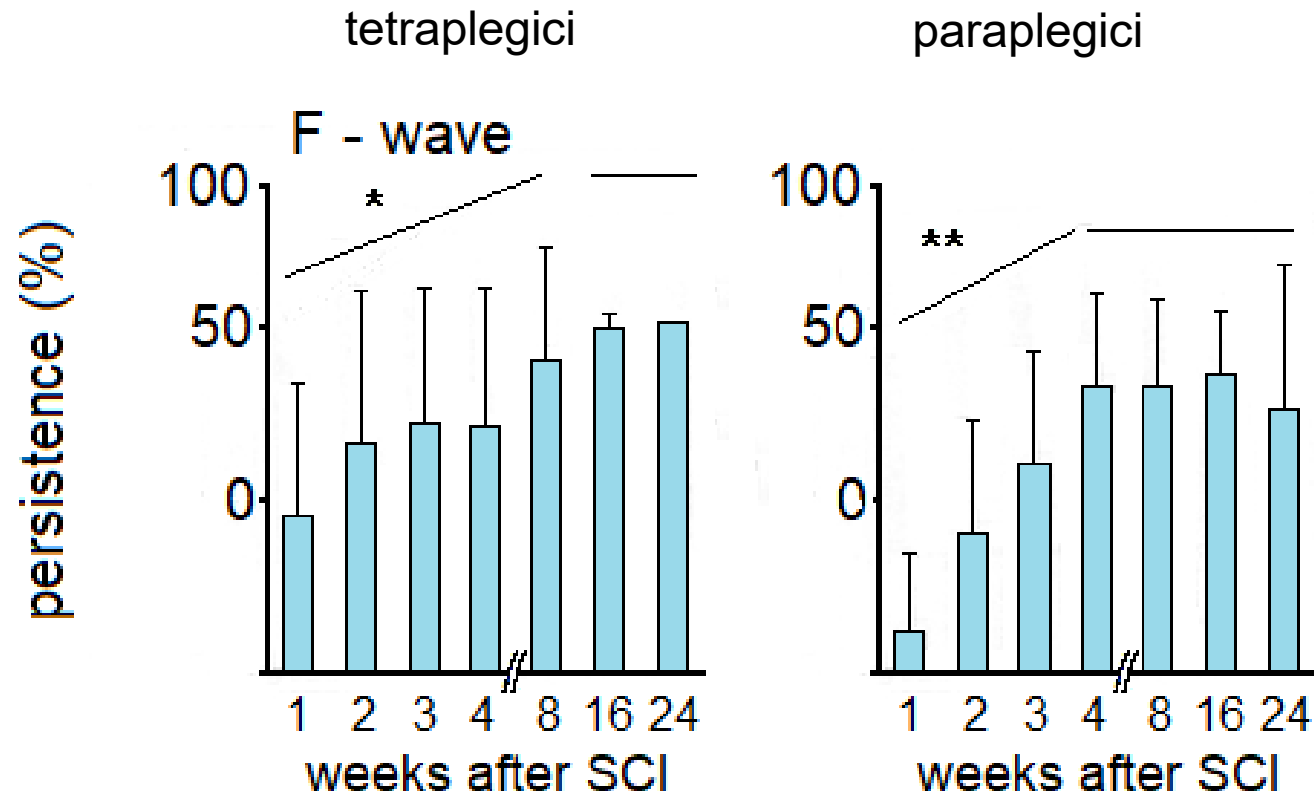
ONDA F - parametri

- LATENZA
- CRONODISPERSIONE
- PERSISTENZA
- VDC
- Tachidispersione
- AMPIEZZA
 - M/F ratio
- ripetibilità, durata, area



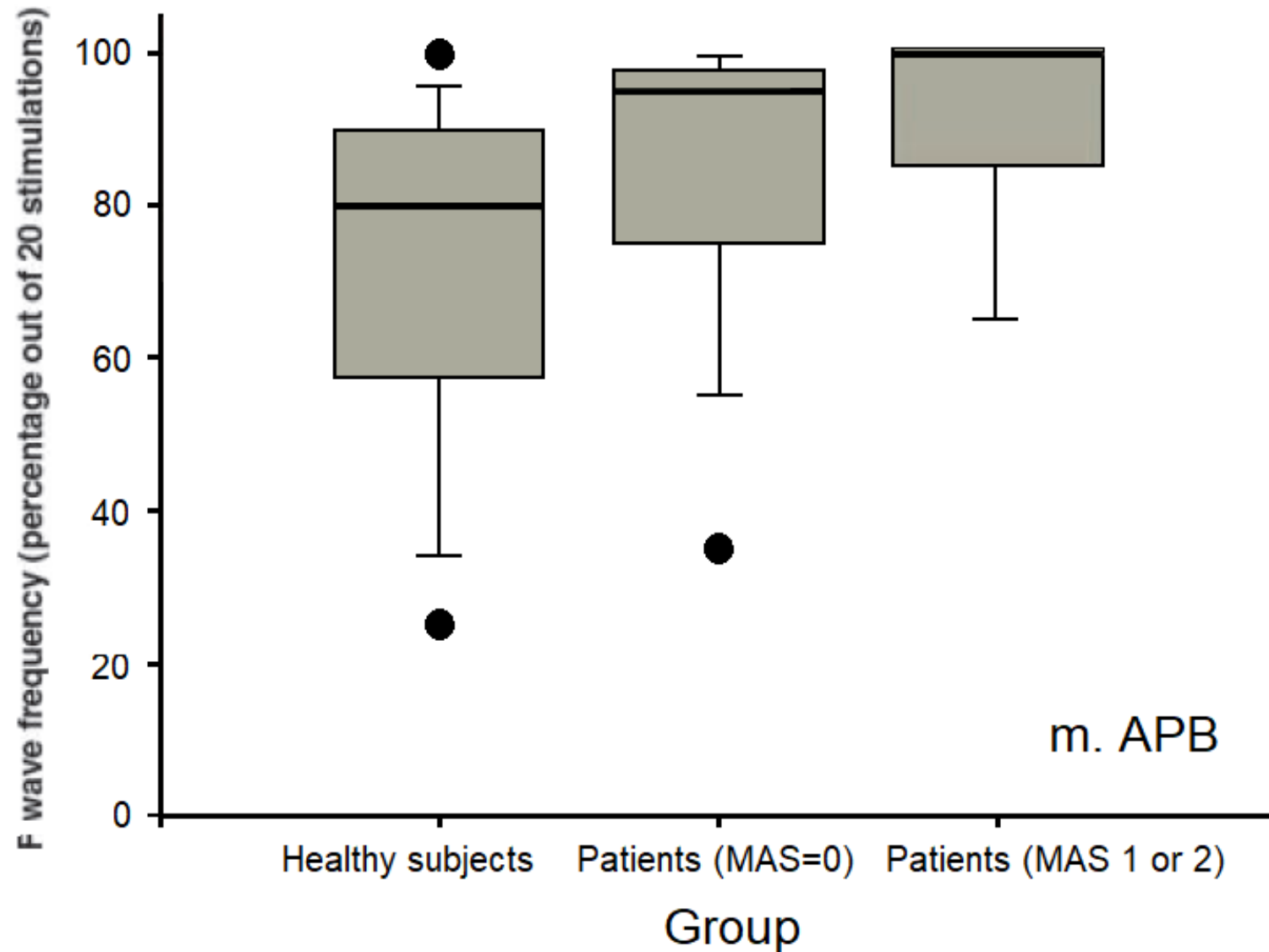
Pos. stim.:	Mall. med
Pos. reg.:	Ad. b. All.
# Stim	20
# F	20
M-lat. :	5.1 [ms]
F-lat min :	42.3 [ms]
max :	45.4 [ms]
med :	44.1 [ms]

ECCITABILITÀ MN: onda F in SCI



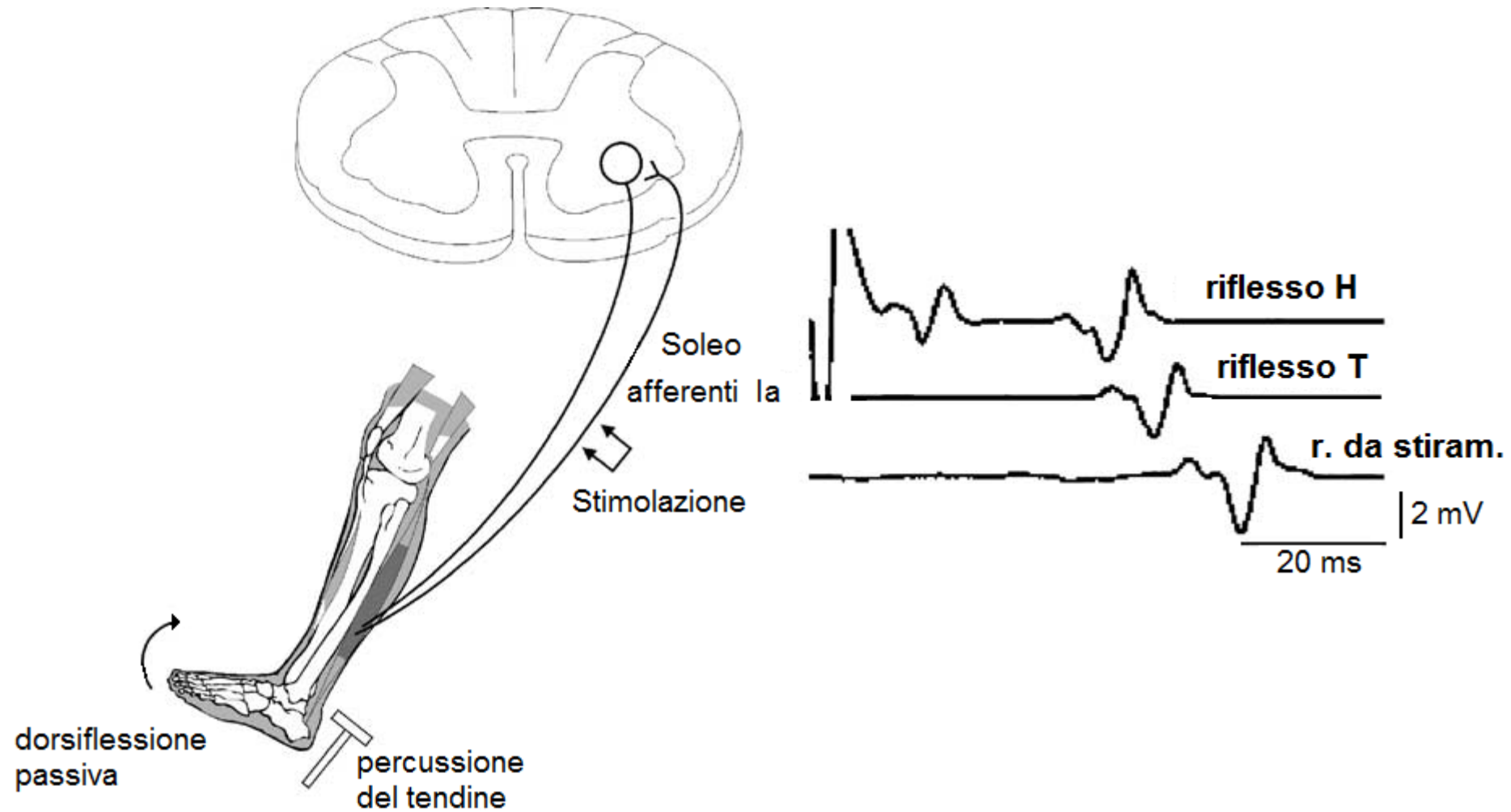
- Aumento del rapporto ampiezza F/M
- Aumento della persistenza
- Aumento della cronodispersione
- Correlazione con somministrazione di baclofen orale od intratecale

F Wave frequency in relation to clinical spasticity

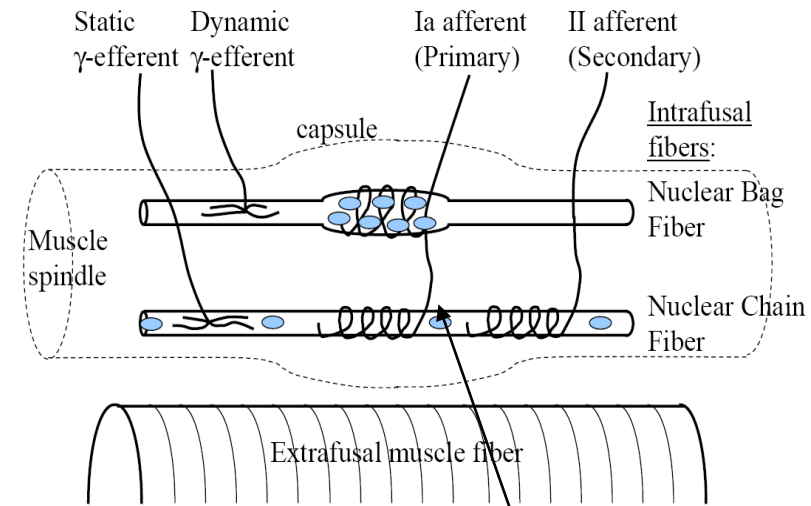


Evidence of Increased Motoneuron Excitability in Stroke Patients Without Clinical Spasticity JU Blicher and JF Nielsen, **Neurorehabilitation and Neural Repair**, 2009

SPASTICITÀ: STUDIO DEI RIFLESSI

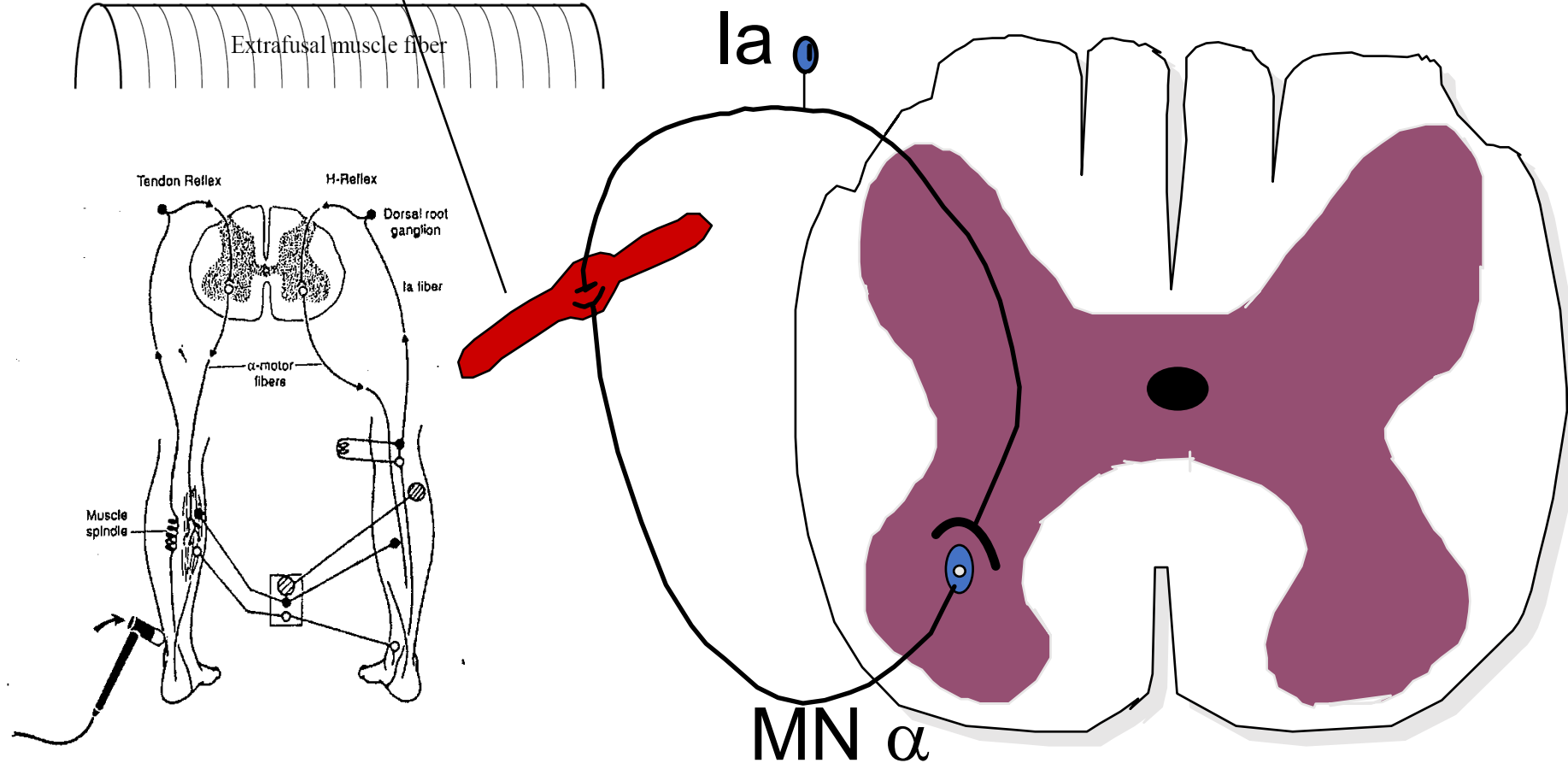


Structure and Innervation of Muscle Spindles

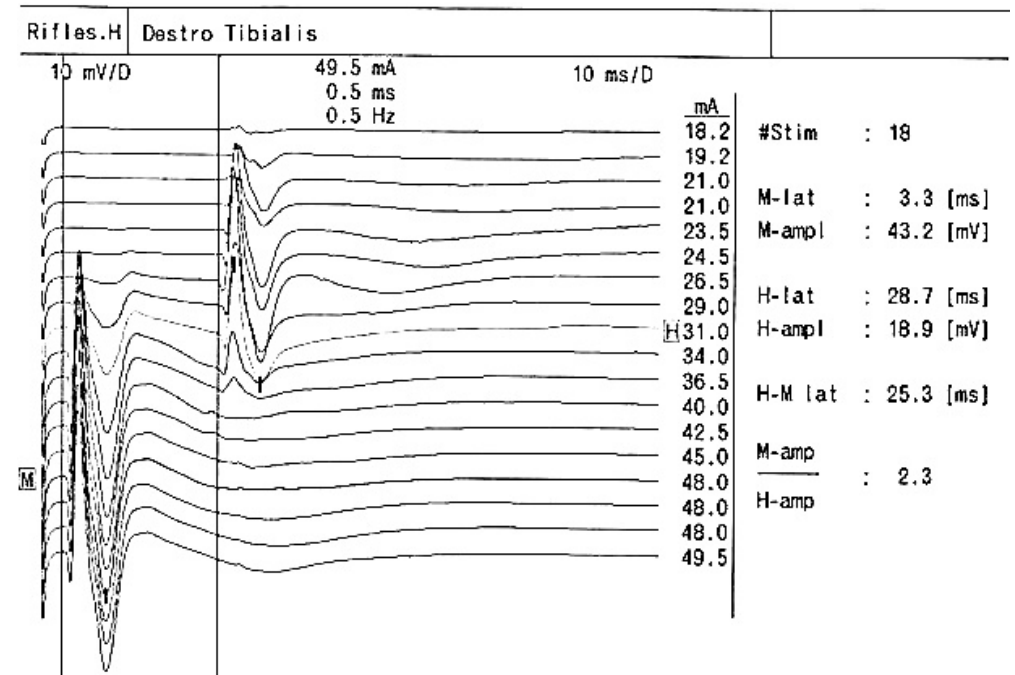
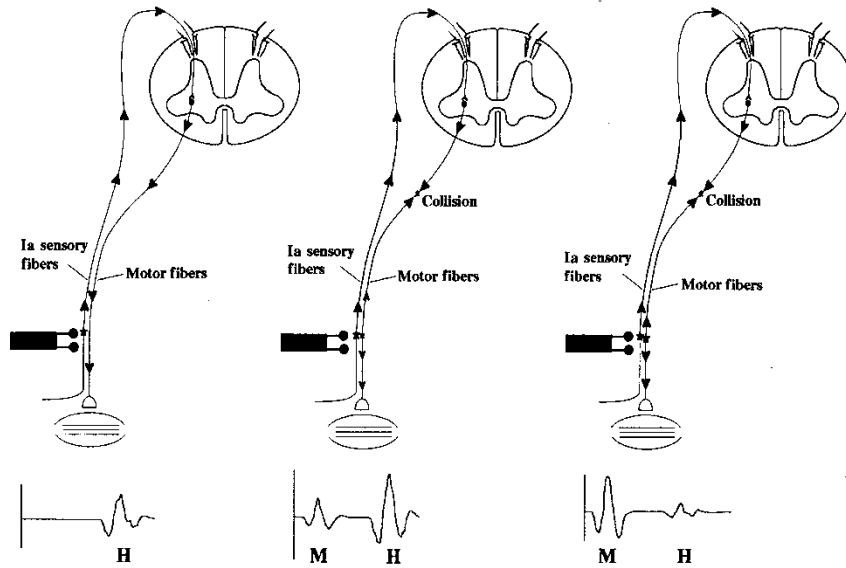


riflesso T

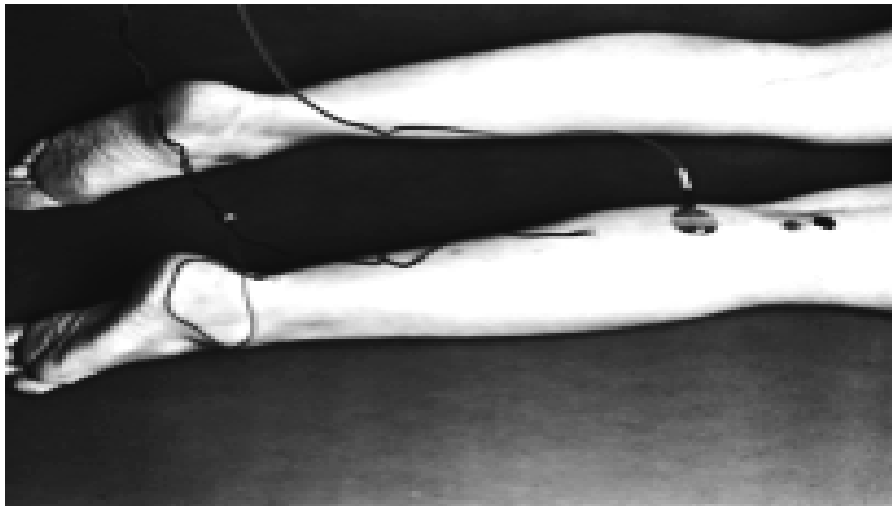
- Latenza
- Ampiezza



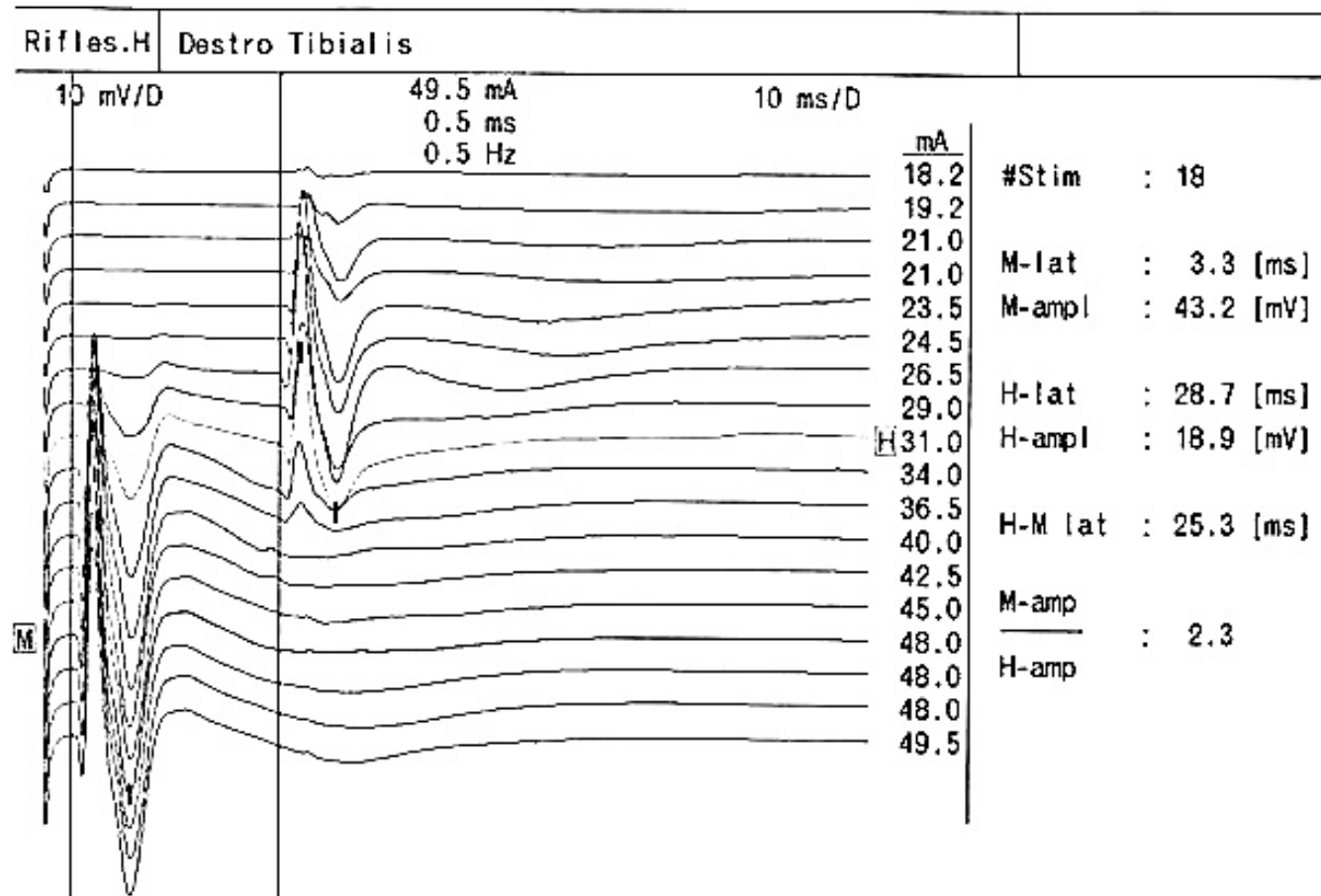
RIFLESSO H



Stimolazione elettrica sottomassimale del n. tibiale
posteriore al cavo o del n. Mediano al gomito
Registrazione dal M. Soleo o dal FRC



RIFLESSO H - parametri

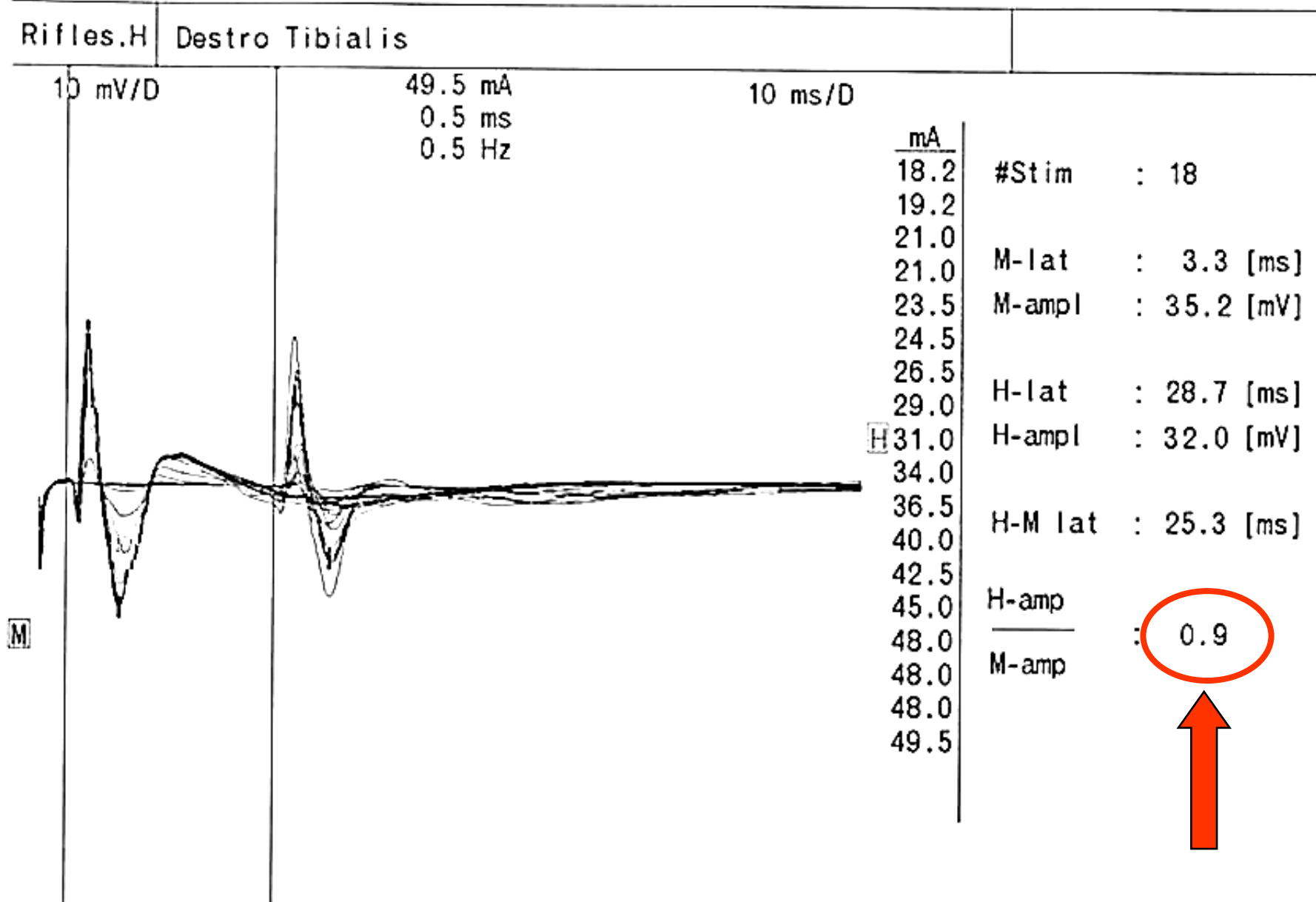


- Latenza

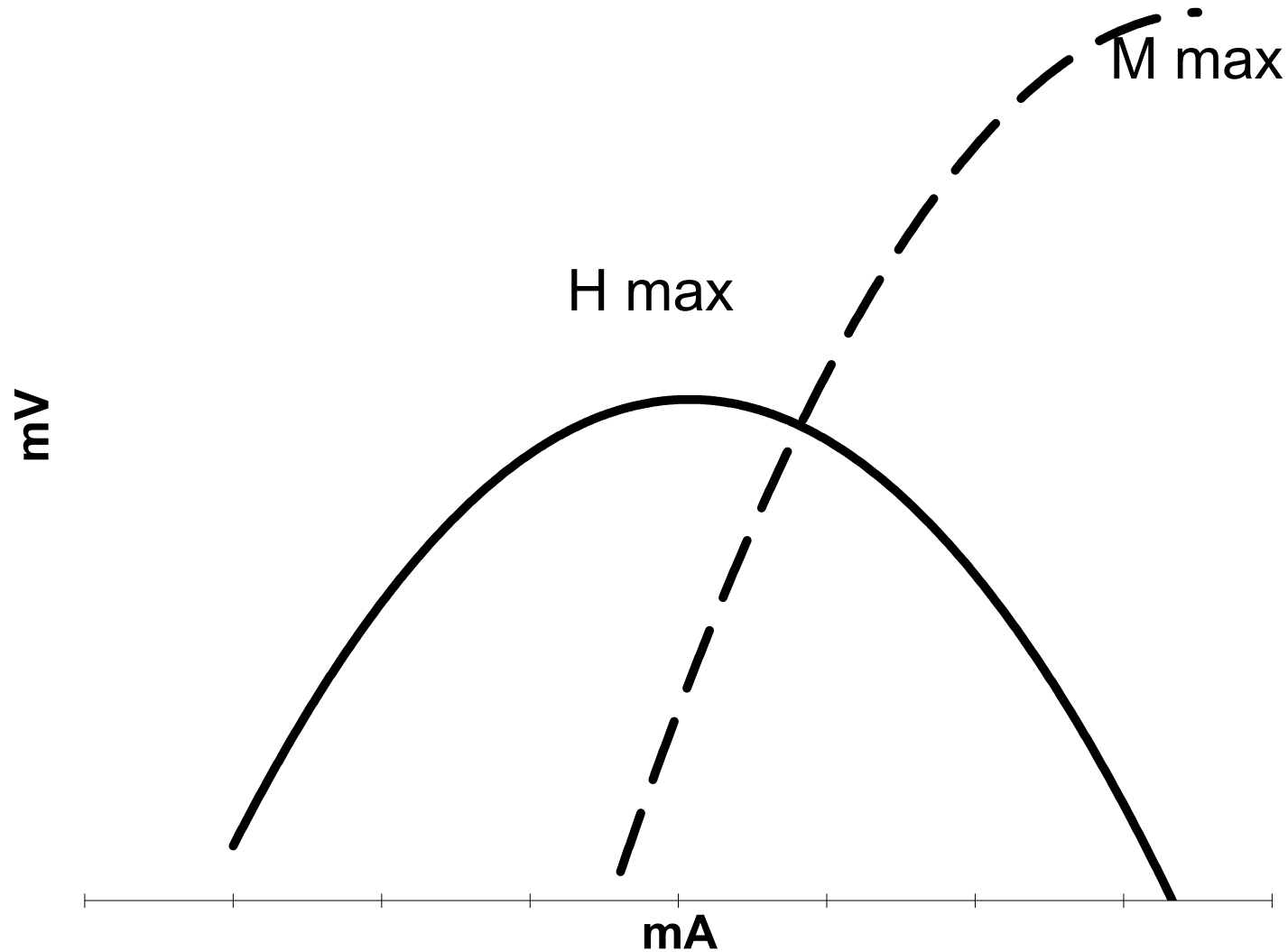
- Ampiezza

- Rapporto H max/M max

Riflesso H e spasticità

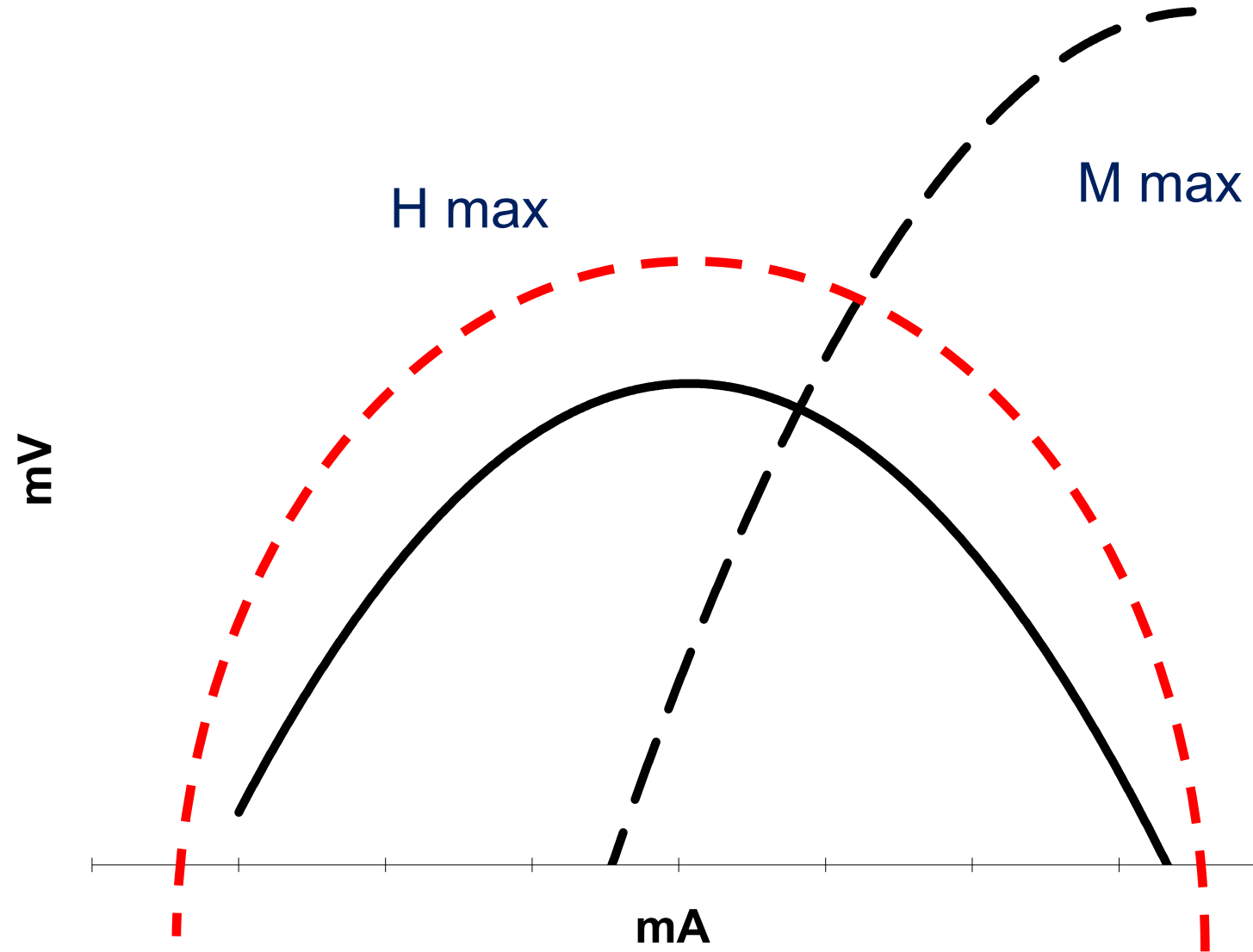


Rapporto Hmax-Mmax

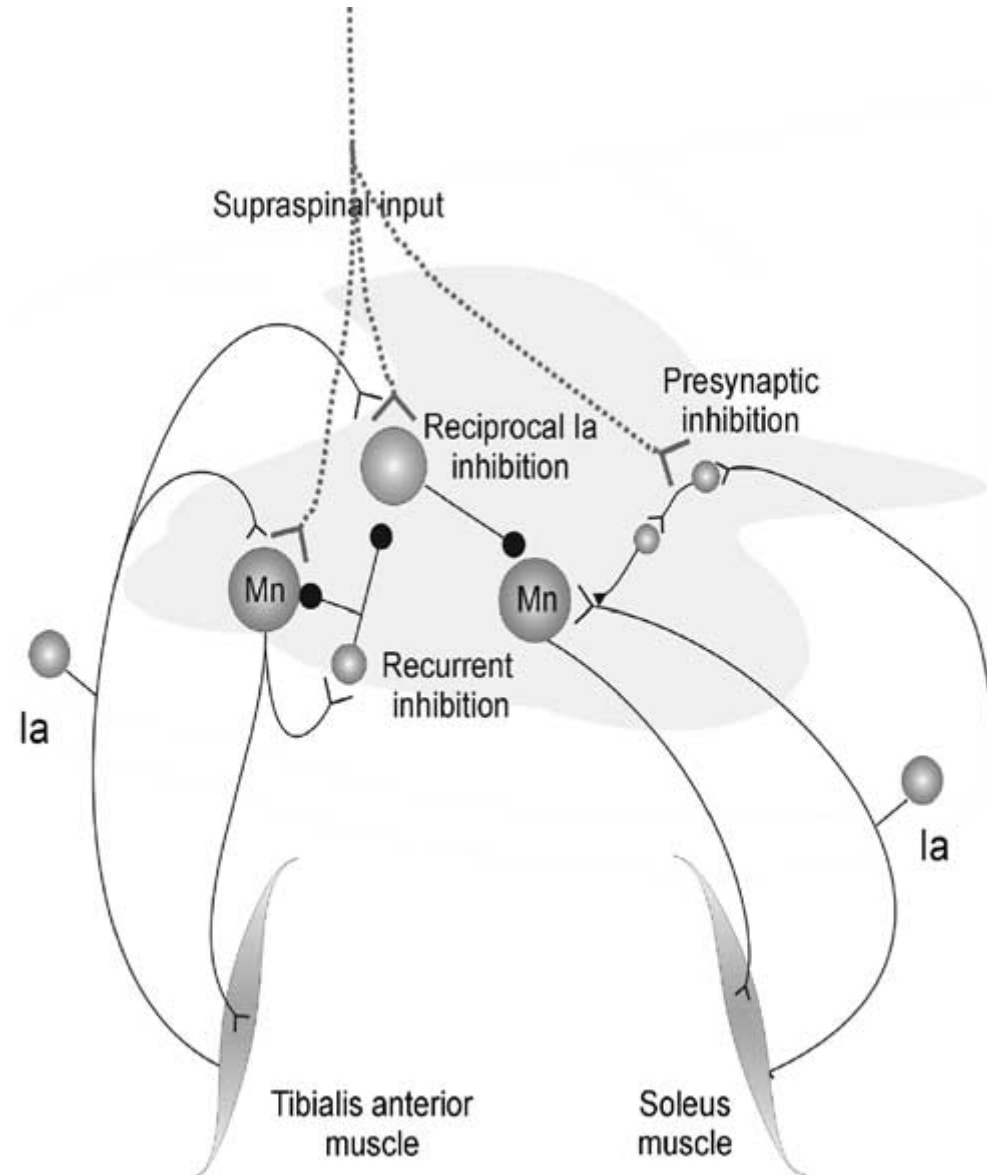


La frazione del pool MN nel m. soleo attivata dal riflesso H è pari al 50%. Il **rapporto Hmax-Mmax** fornisce un indice dell'eccitabilità del pool motoneuronale. Il valore di normalità è <0.7 nel m. soleo

riflesso H: spasticità

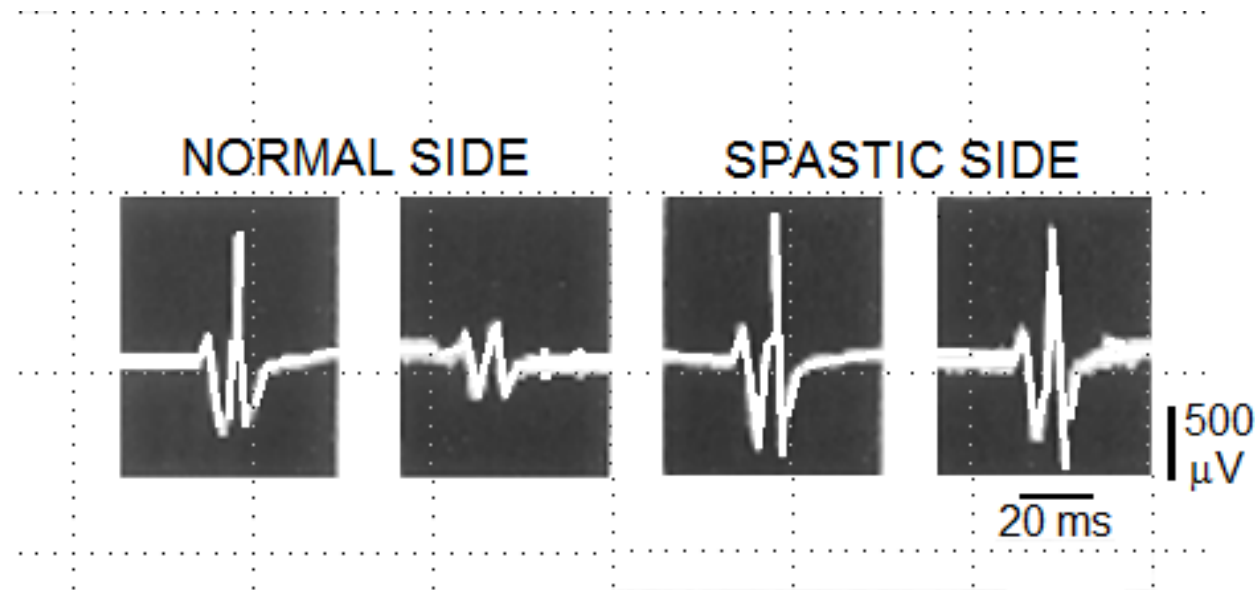


Circuiti Spinali alterati nella Spasticita'



Inibizione presinaptica

L'inibizione vibratoria del riflesso monosinaptico (H) è ridotta nei soggetti spastici



Delwaide, 1984

J. Physiol. (Paris) 93 (1999) 379–385

**Presynaptic inhibition in humans: A comparison between
normal and spastic patients**

Rose Katz*

Inibizione reciproca

neuroReport

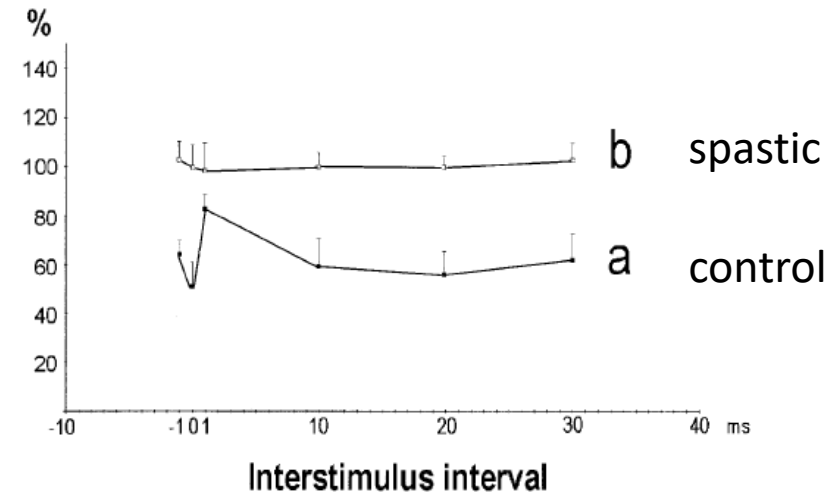
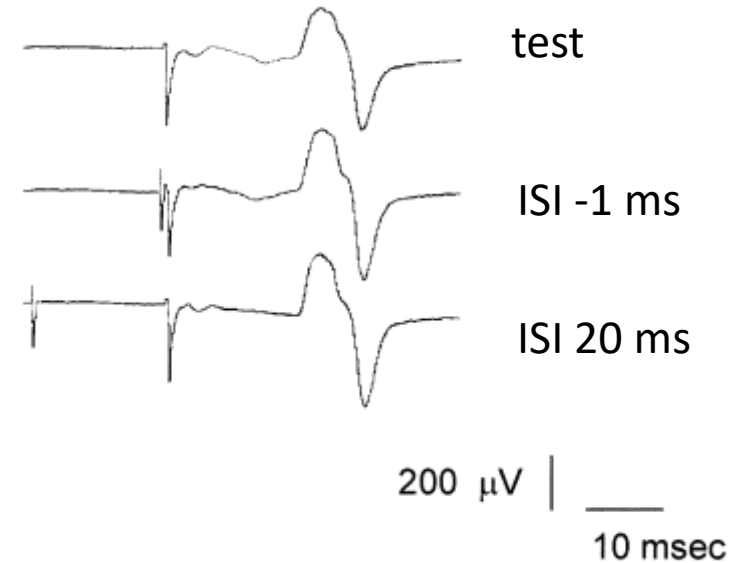
NeuroReport 8, 3039–3044 (1997)

Botulinum toxin in upper limb spasticity: study of reciprocal inhibition between forearm muscles

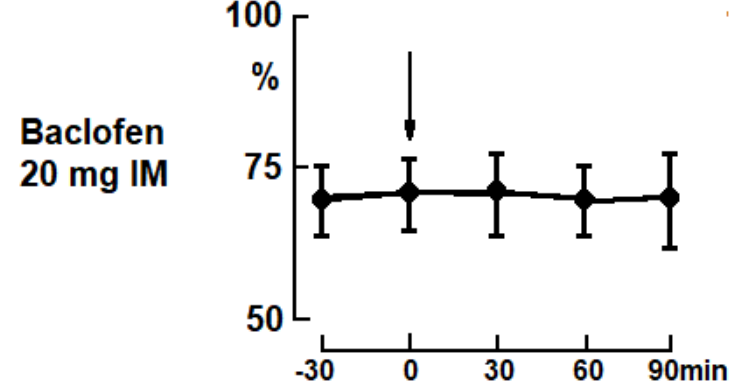
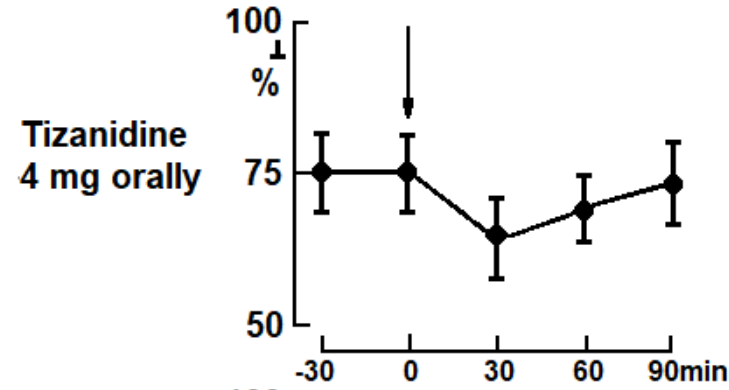
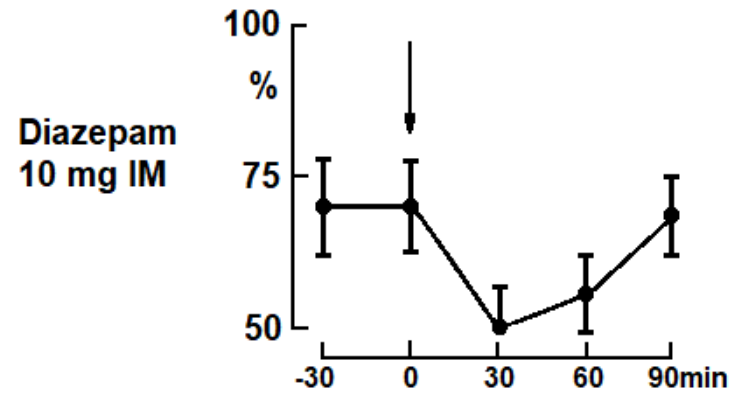
Paolo Girlanda,^{CA} Angelo Quartarone,
Stefano Sinicropi, Carmelo Nicolosi,
Maria Luisa Roberto,
Giuseppe Picciolo, Vincenzo Macaione,
Fortunato Battaglia, Maria Ruggeri
and Corrado Messina

Clinica Neurologica 2, Policlinico Universitario,
98125 Messina, Italy

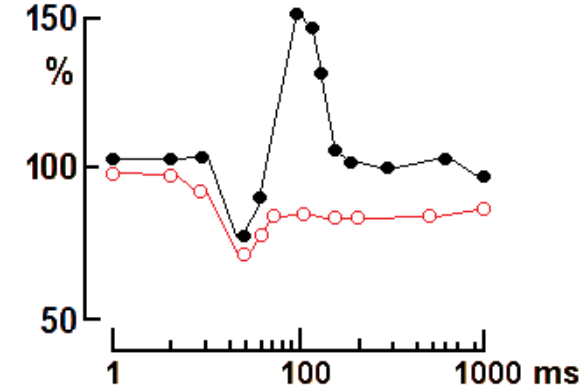
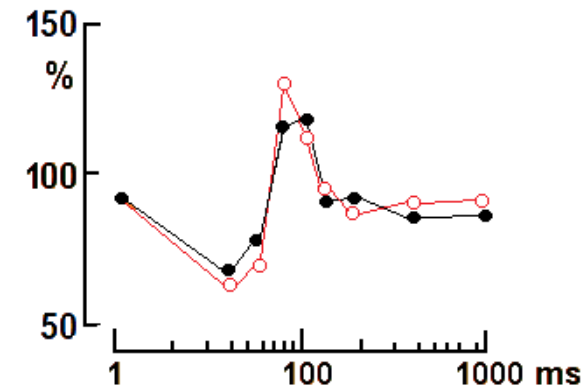
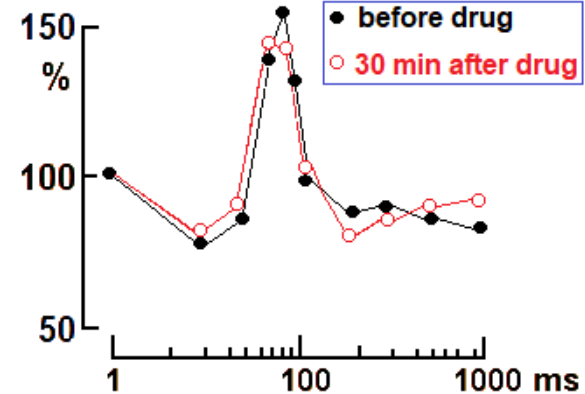
^{CA}Corresponding Author



Effetto dei farmaci antispastici



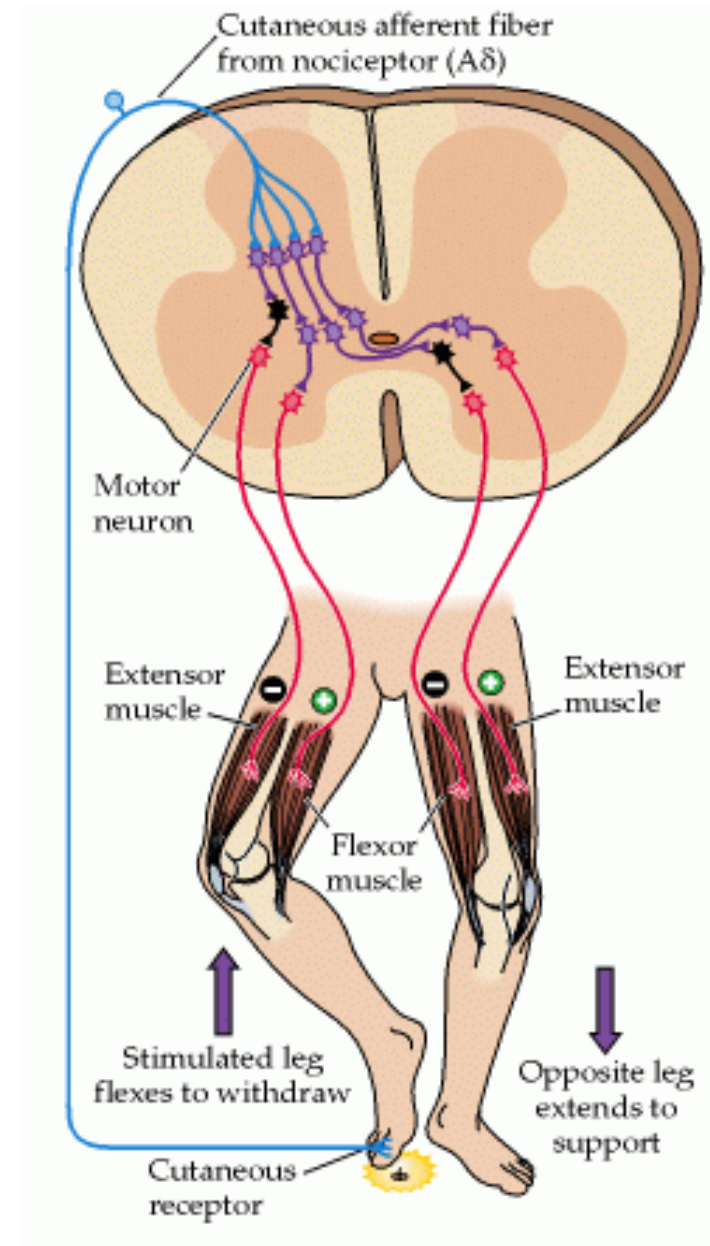
Vibratory inhibition



H recovery curve

Riflessi Nocicettivi

includono il riflesso flessorio di evitamento che diventa non inibito e causa spasmi flessori

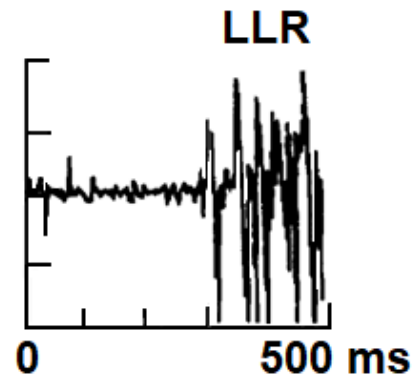


Riflessi flessori polisinaptici

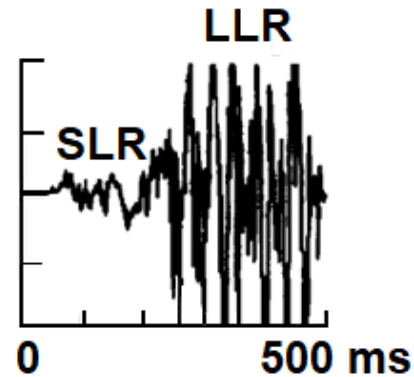
Flexion reflex recordings in a 44-year-old spastic woman

CONTROL

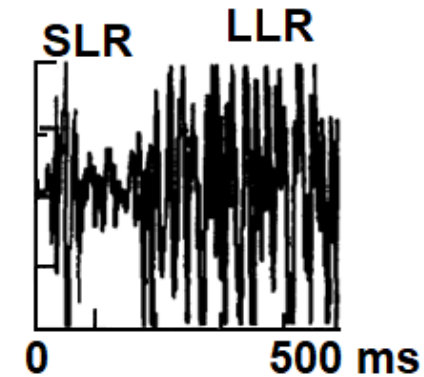
3 mA



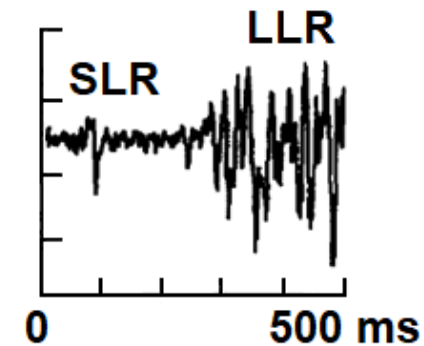
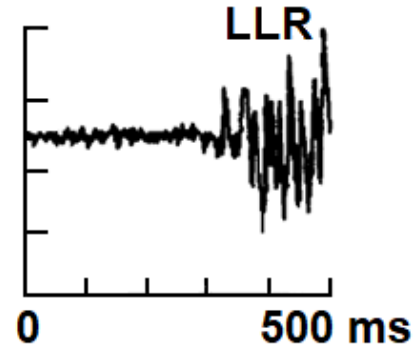
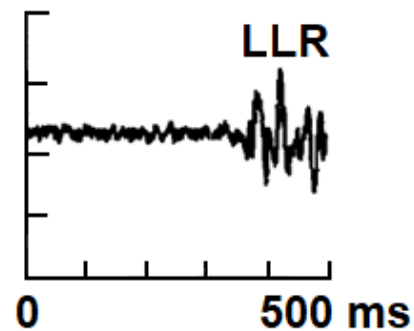
6 mA



20 mA



BACLOFEN



100 ms
75 μ V

... in sintesi...

“una intricata serie di alterazioni in differenti “network” inter-dipendenti”

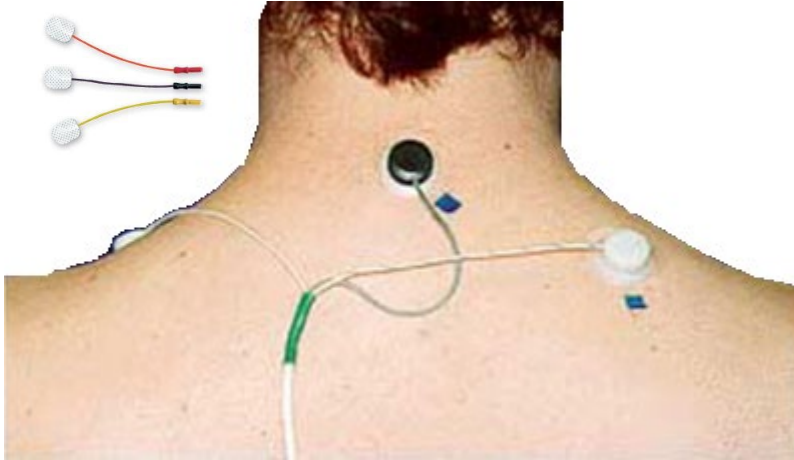
Spinal segmental activity	Electrophysiological test	Abnormality
Ia Presynaptic inhibition	Vibratory inhibition of H reflex	Reduced
Ia Reciprocal inhibition	Conditioning of H reflex	Reduced
Ib Nonreciprocal inhibition	Conditioning of H reflex	Reduced
Recurrent inhibition	Conditioning of H reflex	Increased and decreased
Flexor withdrawal reflexes	Foot stimulation	Increased
Alpha motoneurone excitability	H _{max} /M _{max}	Increased
	F wave amplitude	Increased
Other polysynaptic	H reflex recovery	Increased
Ia excitatory	TVR	Decreased
Group II excitatory	Long latency reflexes	Decreased and increased

Cosa permette l' Elettromiografia di superficie

- Valutazione della attivazione e del rilassamento muscolare
- Indicazioni su tempo, durata, entità dell'attivazione di un muscolo
- Relazione tra forza e segnale elettromiografico (valida su singole registrazioni)
- Uso del segnale EMG come indice di fatica (in particolare di fatica muscolare localizzata)
- Kinesiologia: indicazioni riguardo all'attività globale di un muscolo o gruppo-muscolare
- Feed-back del grado di contrazione o di rilassamento di un suo muscolo o gruppo muscolare;

Elettrodi

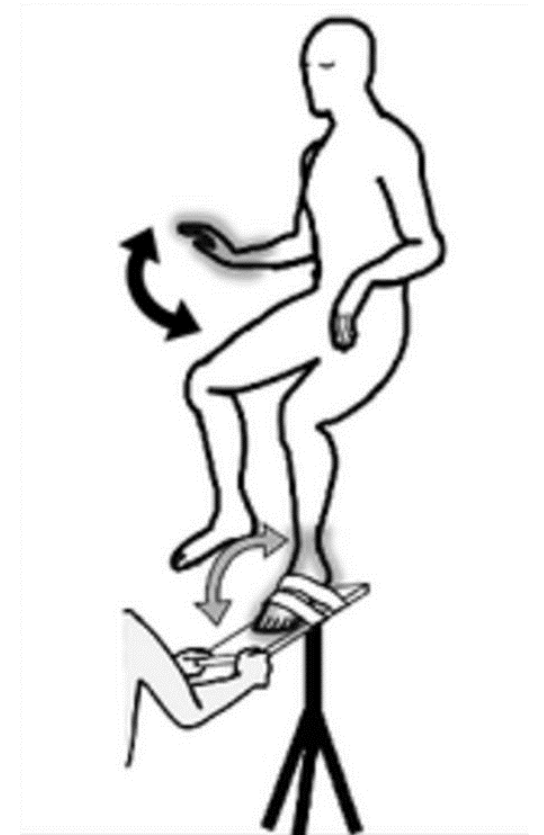
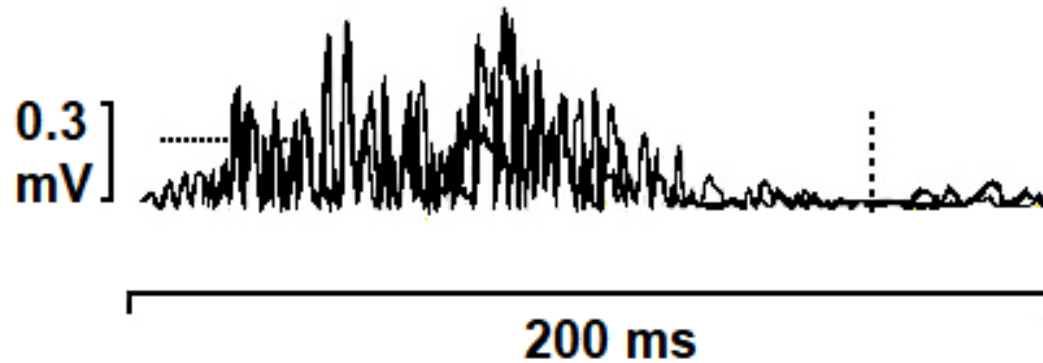
Elettrodi Classici



Elettrodi attivi: memorizzano, amplificano e trasmettono



Risposte EMG durante movimenti attivi e passivi

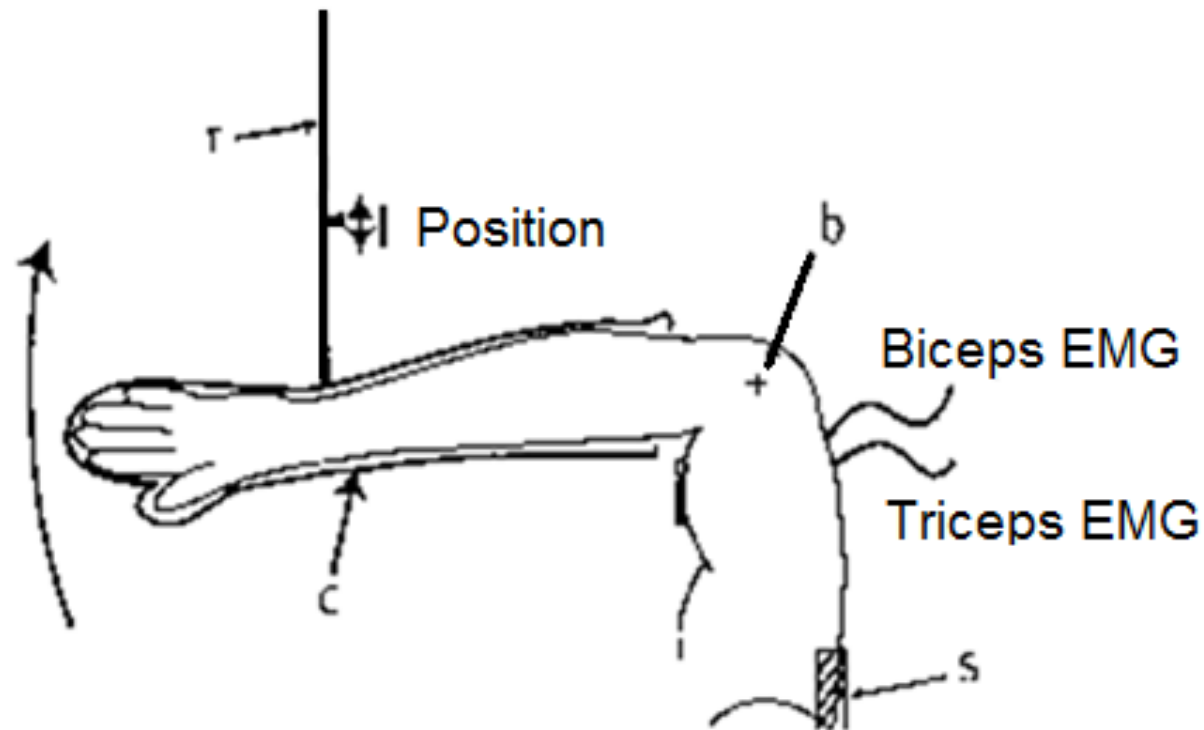


Un nuovo riflesso compare e causa spasticità



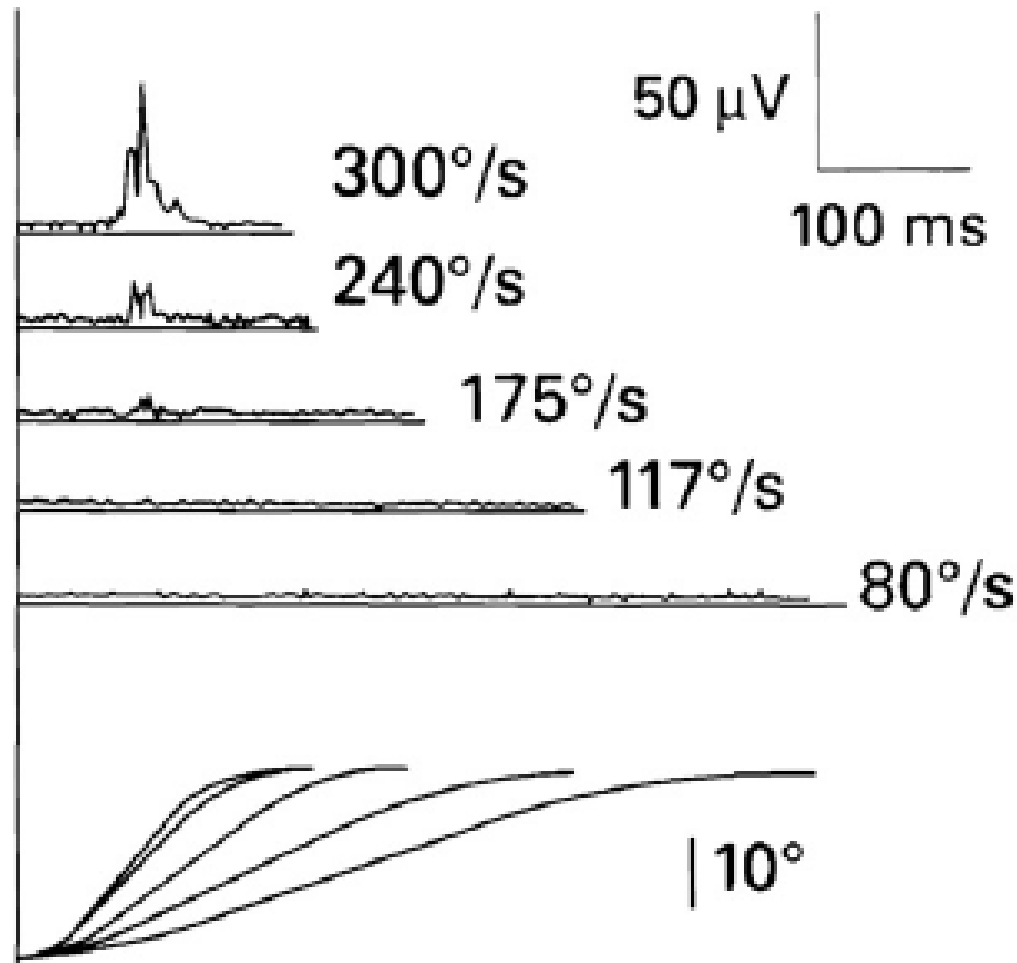
- A riposo in una persona normale completamente rilassata, non c'è nessuna attività riflessa in risposta allo stiramento muscolare alla velocità normalmente usata durante la valutazione del tono muscolare

Lo stiramento passivo dei flessori del gomito in un soggetto normale produce differenti pattern di attività EMG a seconda della velocità dello stiramento

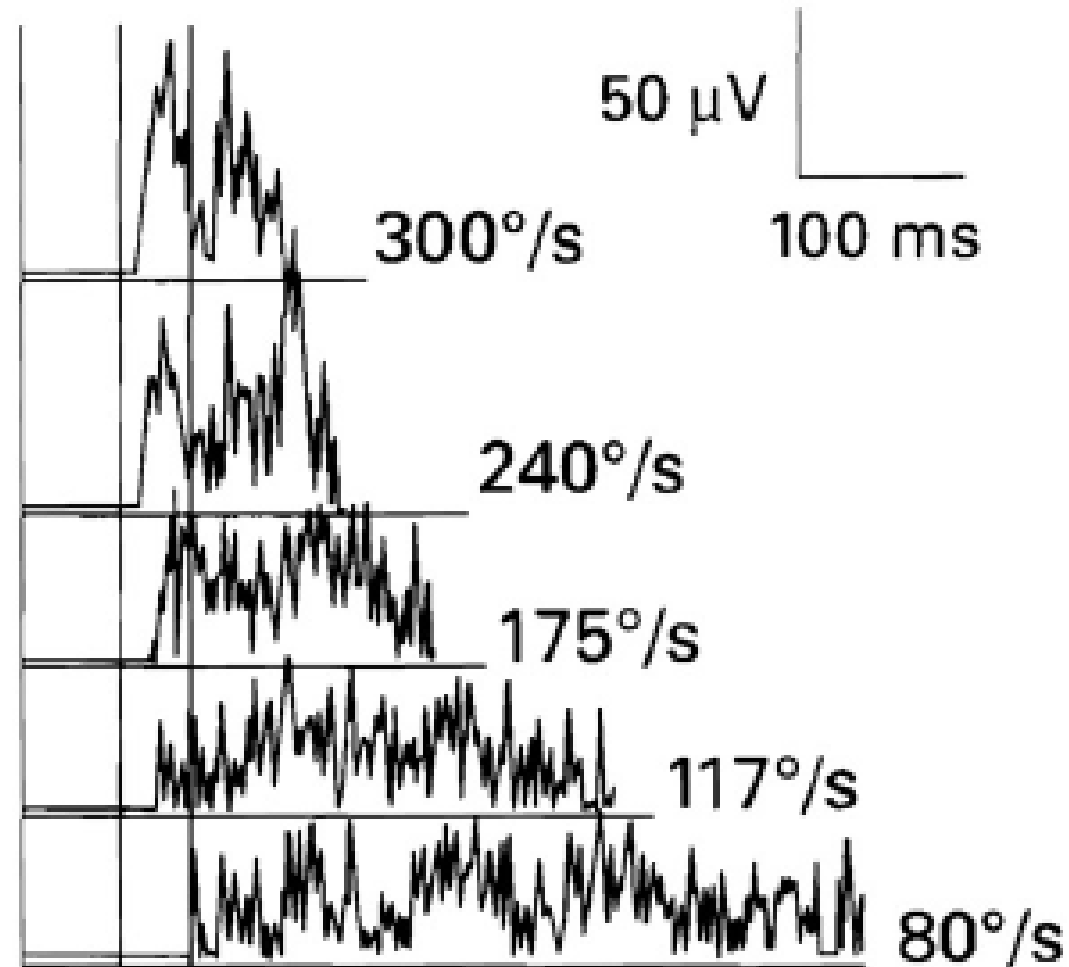


Una piccola risposta si coglie solo a velocità estremamente rapide

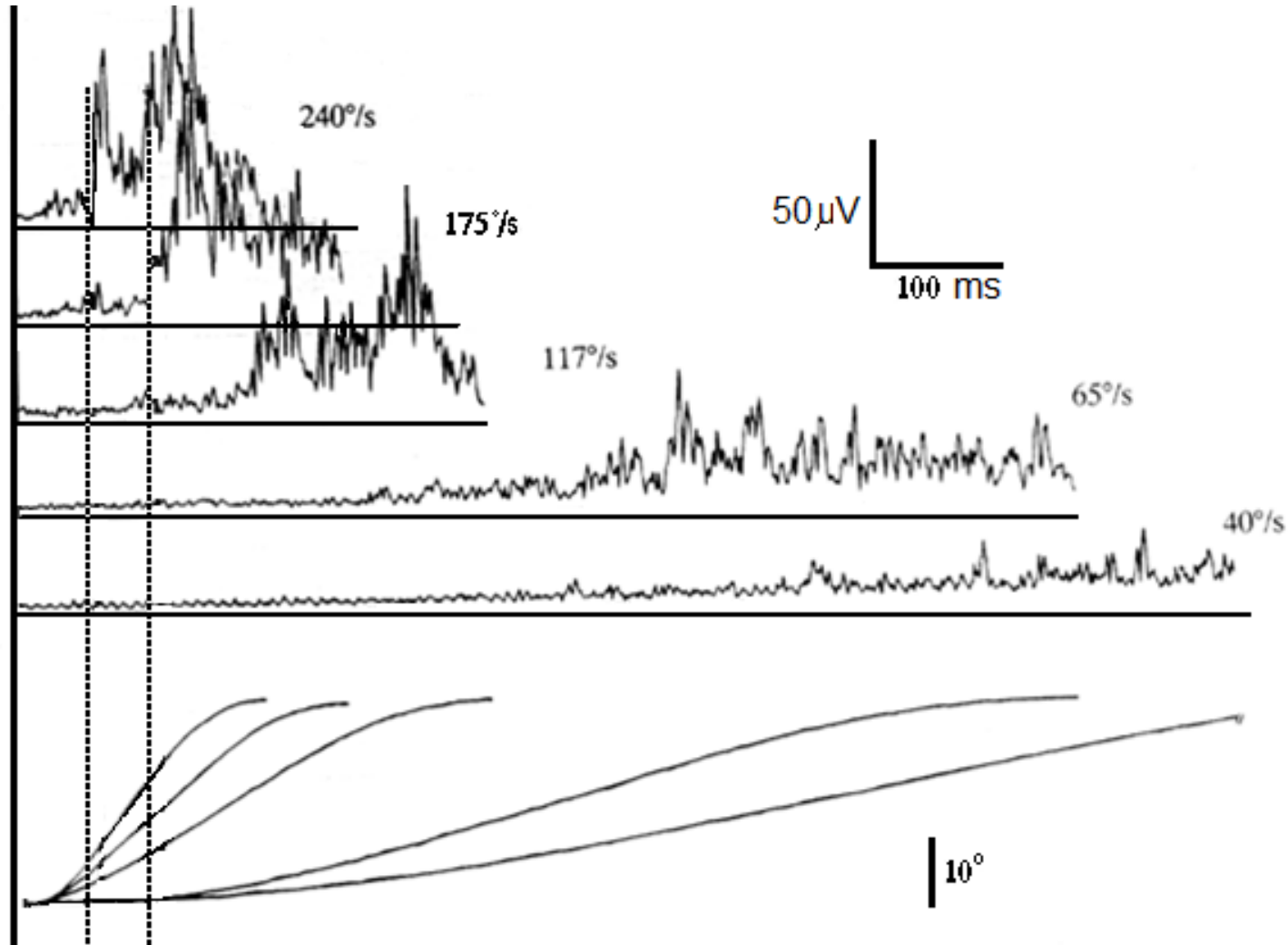
(a tali velocità si genera sostanzialmente un riflesso osteotendineo fasico)



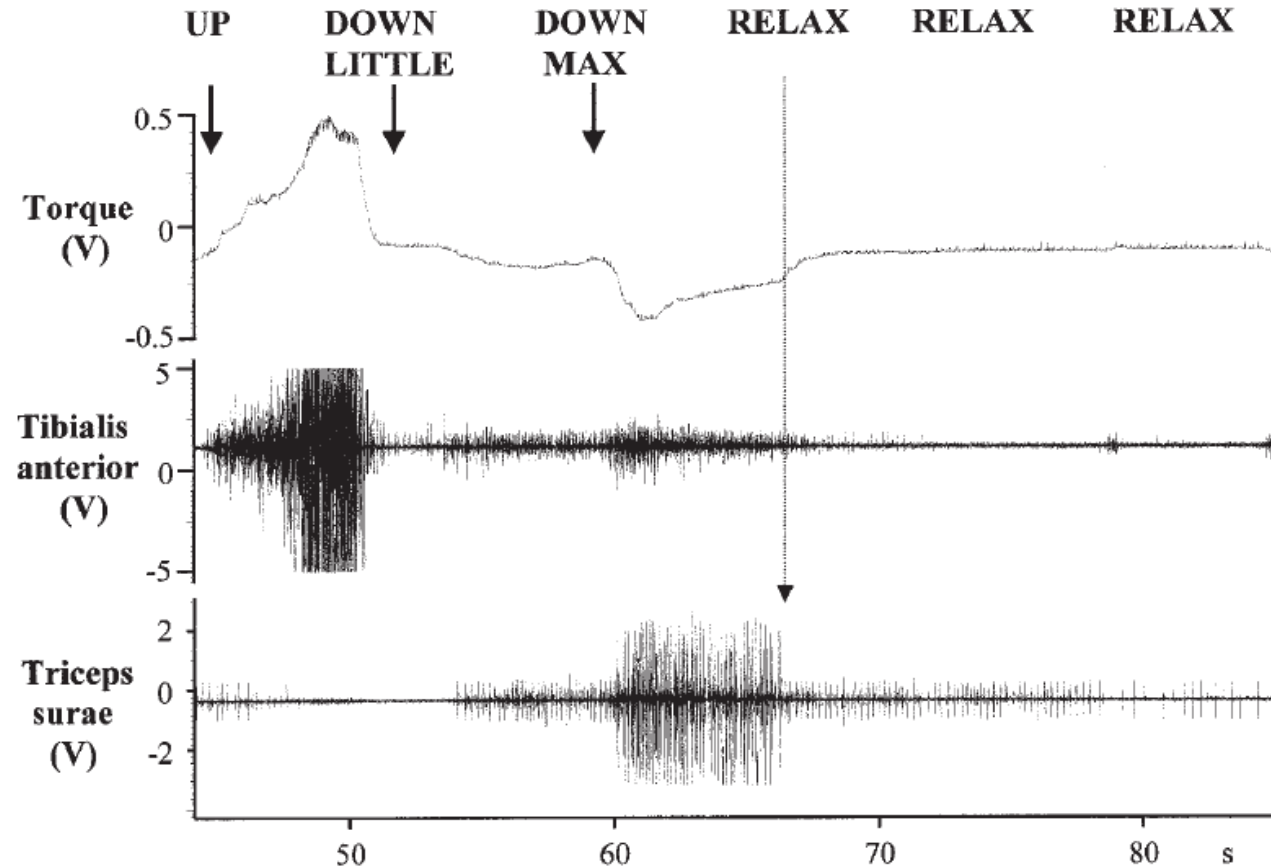
**In contrasto, in un paziente spastico si genera una
quantità di attività muscolare con lo stiramento
anche a velocità molto basse di estensione del gomito**



L'attività muscolare aumenta con la velocità dello stiramento...

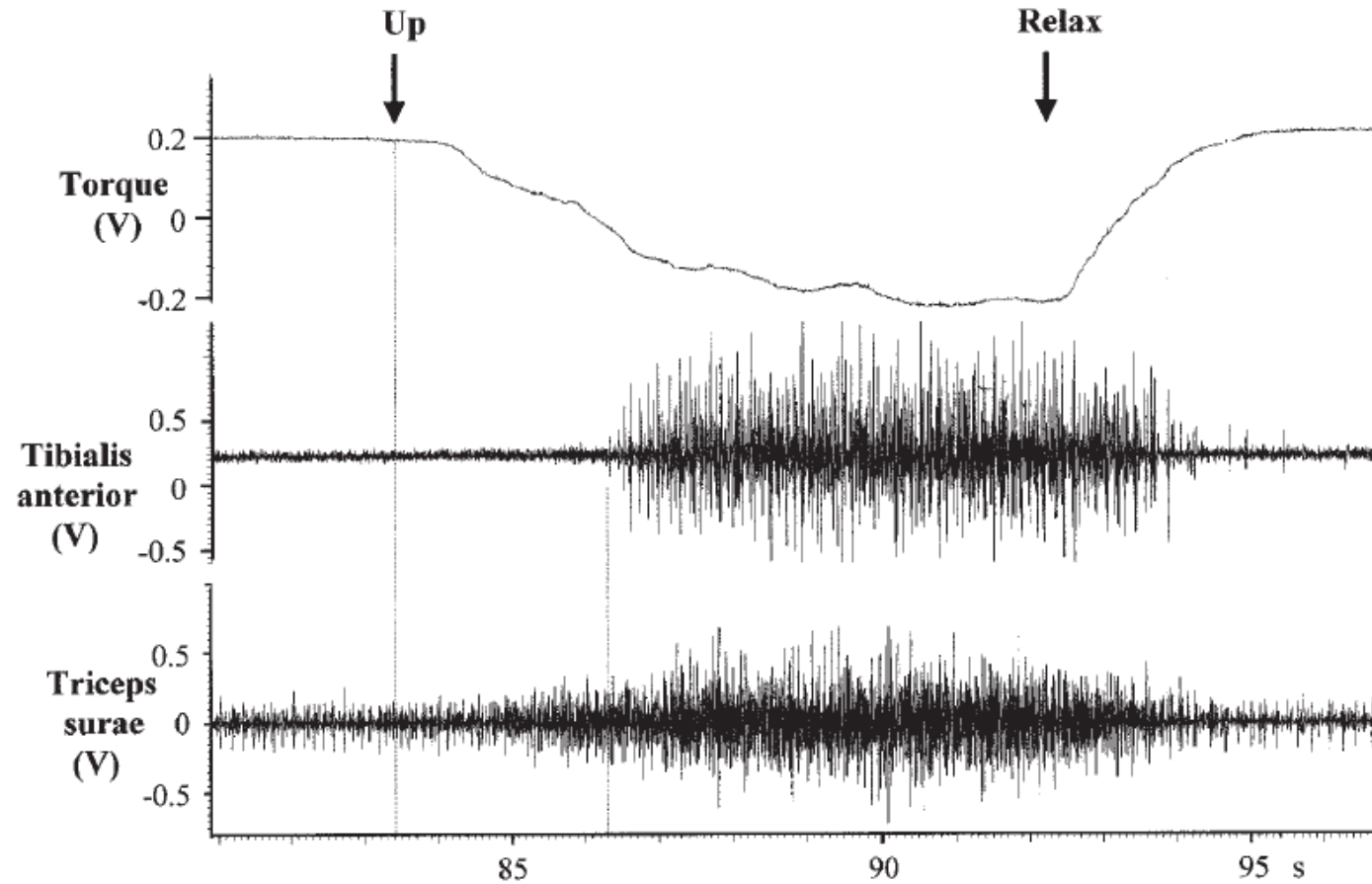


La distonia spastica comporta una relativa incapacità a mantenere il muscolo a riposo

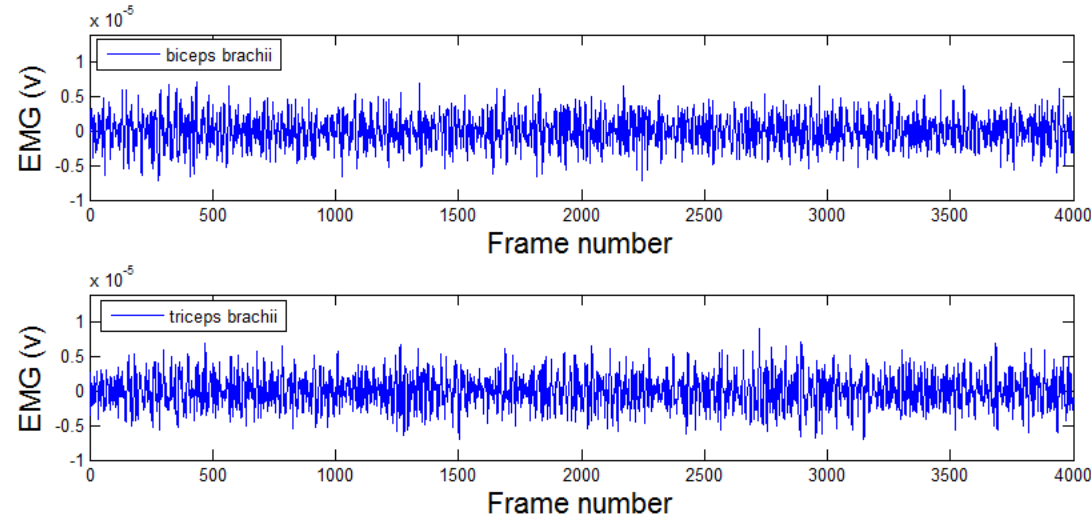


Co-contrazione spastica

si chiede al paziente di produrre uno sforzo isometrico di dorsiflessione



sEMG



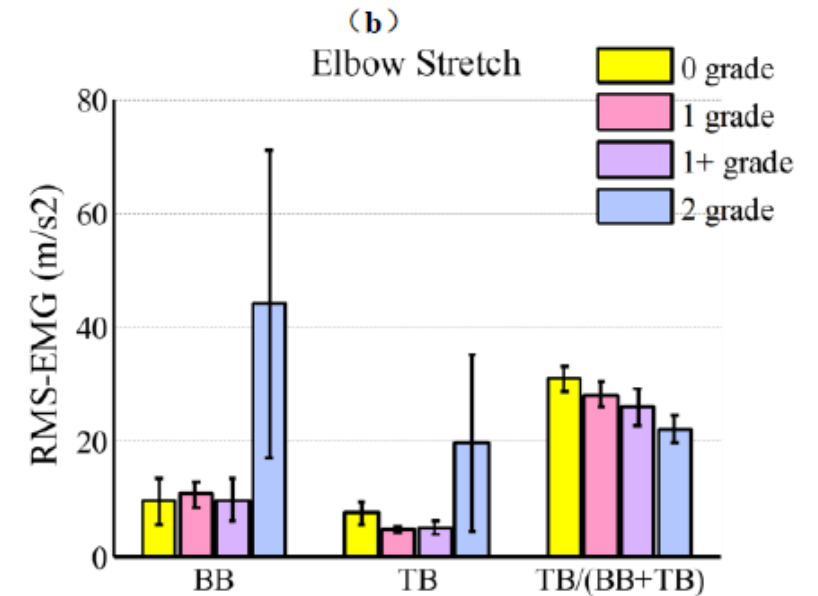
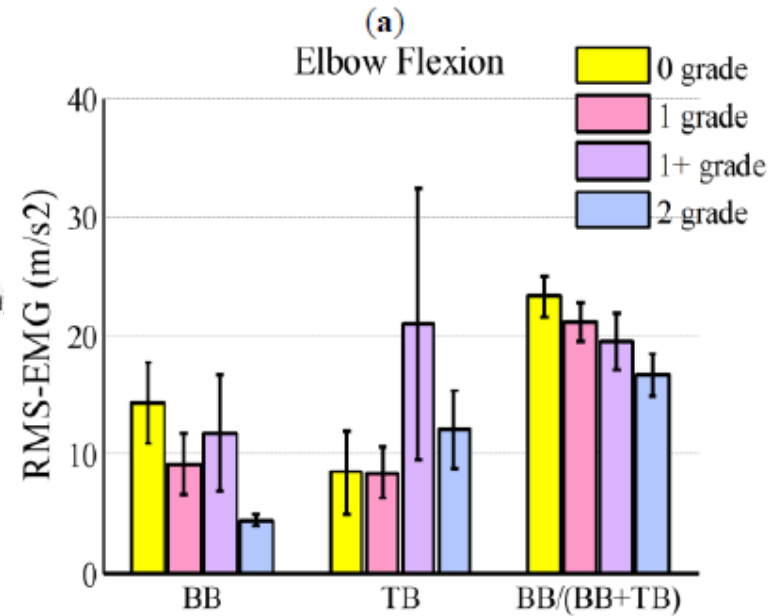
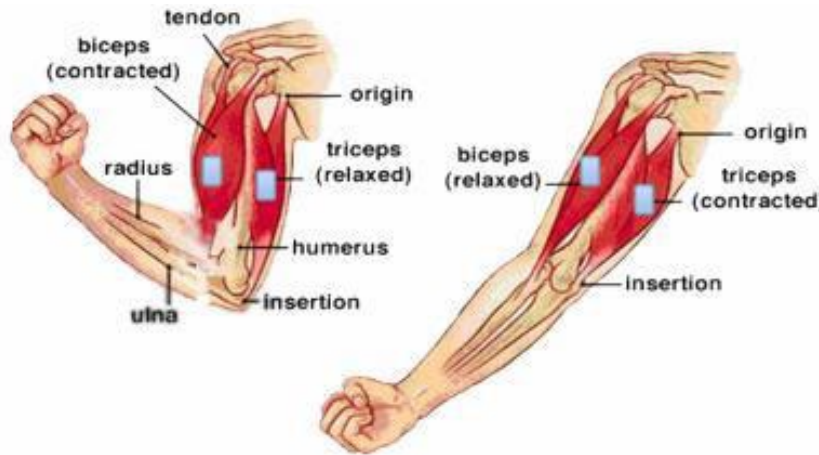
$$A-ApA = \frac{A-RMS}{A-RMS + Ant-RMS} \quad (1)$$

For elbow flexion, Eq. 1 is converted to:

$$A-ApA_{EF} = \frac{BB-RMS}{BB-RMS + TB-RMS} \quad (2)$$

For elbow extension, Eq. 1 is converted to:

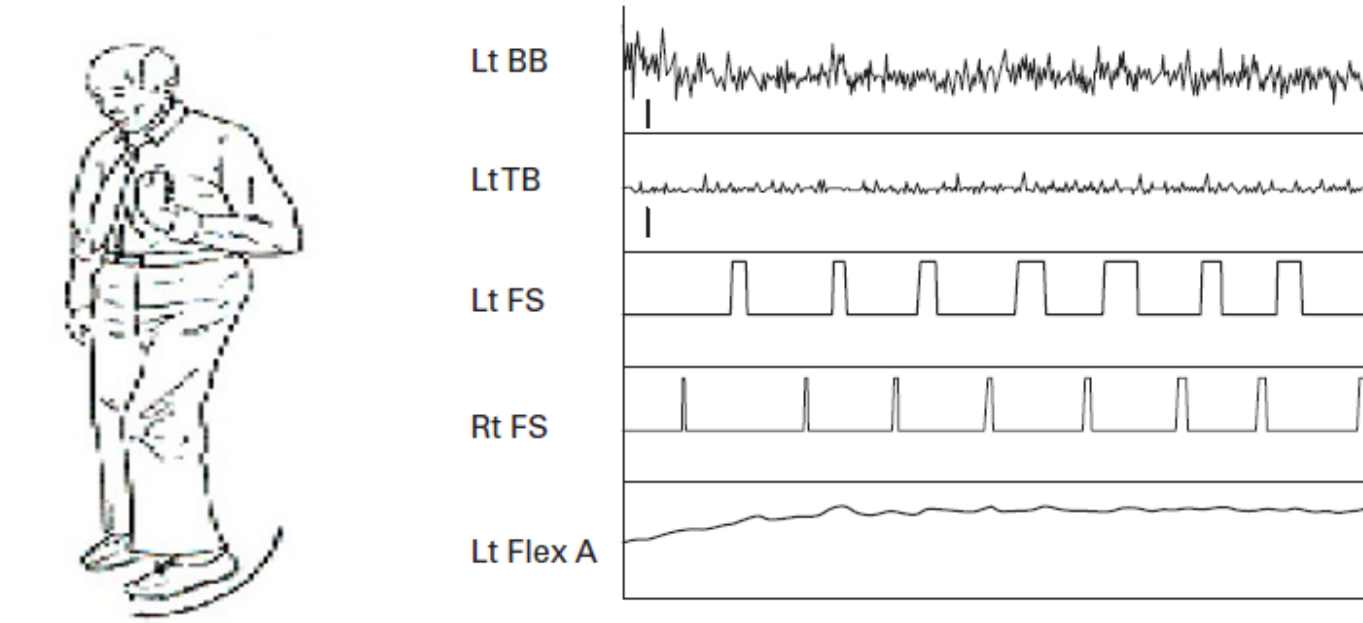
$$A-ApA_{ES} = \frac{TB-RMS}{BB-RMS + TB-RMS} \quad (3)$$



Reazioni associate

L'attività fisica in una parte del corpo può accompagnarsi ad un'attività involontaria ed inutile in un'altra.

Nei pazienti con ictus il gomito del lato paretico si flette progressivamente durante la deambulazione in correlazione con lo sforzo esplicato



Instrumented measures of spasticity

Curr Neurol Neurosci Rep. 2019 Aug 30;19(10):79.

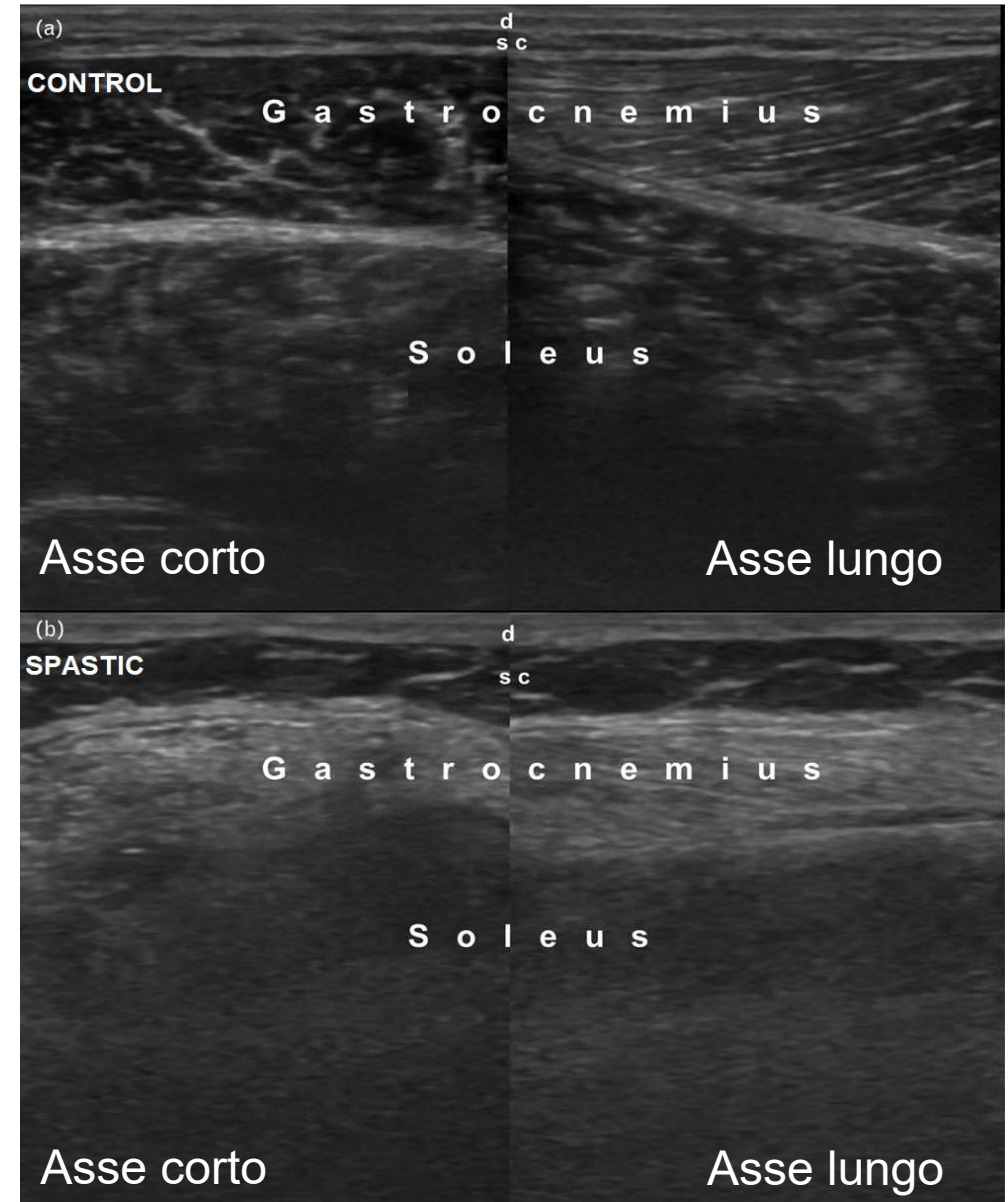
Assessment and Measurement of Spasticity in MS: State of the Evidence

Cinda L. Hugos, Michelle H. Cameron

Instrumented TS (Tardieu Scale) integra segnali biomeccanici (angolo articolare, torchio,..) ed elettrofisiologici (EMG di superficie) durante stiramenti passivi a bassa ed alta velocità

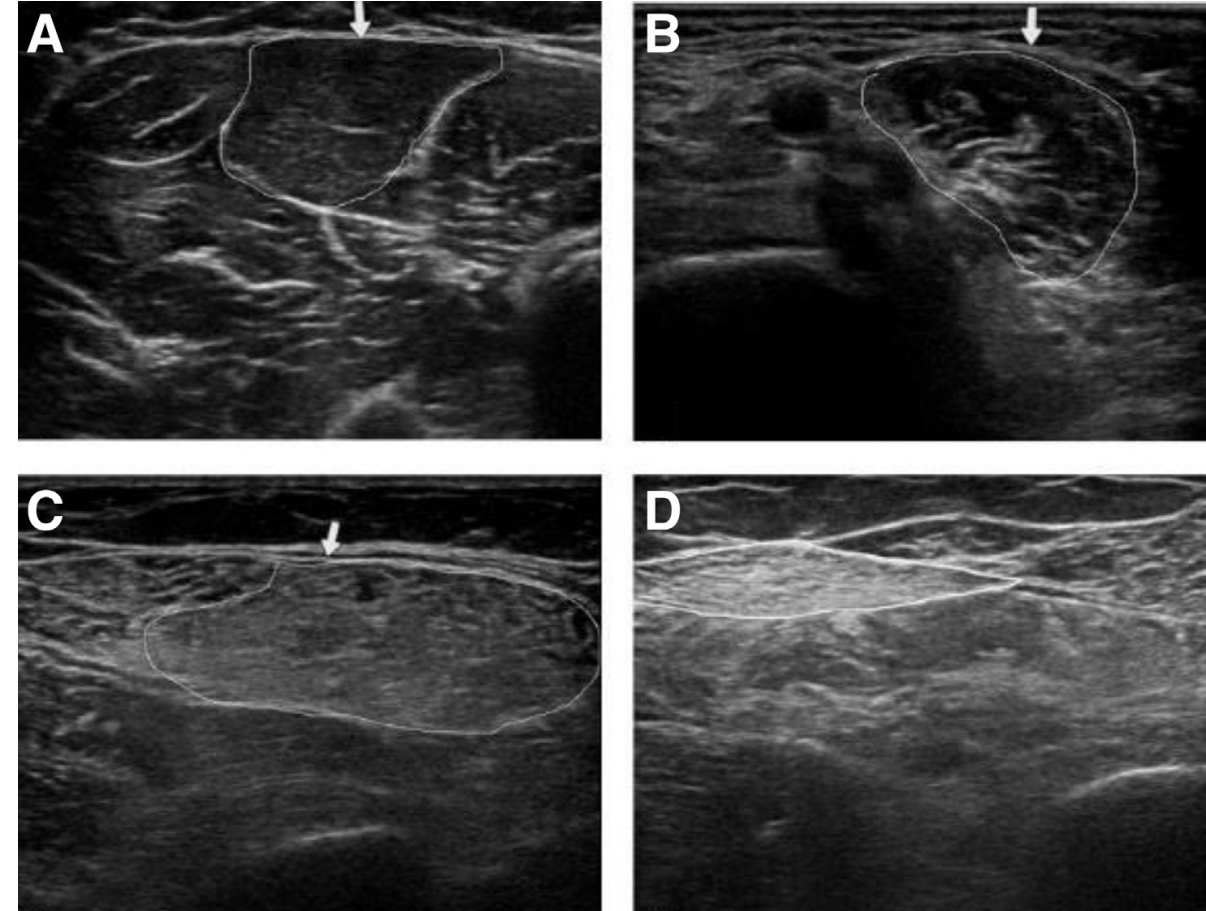
US

- Architettura del muscolo
 - dimensione (CSA)
 - lunghezza fascicoli
 - angolo di pennazione
- Ecogenicità
 - scala di Heckmatt (modificata)
- Stiffness
 - elastografia



US: ecogenicità – Scala di Heckmatt Modificata

- A. Grade 1: normal echogenicity in more than 90% of the muscle that is distinct from bone echo
- B. Grade 2: increased muscle echogenicity in 10% to 50% of tissue, but with distinct bone echo and some areas of normal muscle echo
- C. Grade 3: marked increase in muscle echogenicity between 50% and 90% of tissue with reduced distinction of bone echo from muscle
- D. Grade 4: very strong muscle echogenicity, with near complete loss of distinct bone echo from muscle in more than 90% of tissue



US: stiffness – Elastografia

MC Lehoux et al **Shear wave elastography potential to characterize spastic muscles in stroke survivors: Literature review** Clin Biomech 2020;72:84-93

- Shear wave elastography measures muscles mechanical properties such as stiffness in stroke survivors
- This technique could guide treatment and improve quality of life of stroke victims
- More studies of shear wave elastography in post-stroke patients should be performed

C Boulard et al **Reliability of Shear Wave Elastography and Ultrasound Measurement in Children with Unilateral Spastic Cerebral Palsy** Ultrasound Med Biol. 2021 May; 47(5):1204-1211

- SWE measurements of GM and TA muscles have poor reliability in children with CP
- More efforts to standardize methodology and procedure are necessary

Conclusioni

- La spasticità ha una componente neurale ed una non-neurale
- Gli studi neurofisiologici possono fornire informazioni solo sulla componente neurale
- Oltre alle tecniche classiche, fondamentali per caratterizzare i meccanismi fisiopatologici, ricercatori ed ingegneri hanno sviluppato nuove metodologie per ottenere una misurazione quantitativa ed oggettiva della spasticità
- Le tecniche che abbinano la biomeccanica con la neurofisiologia sembrano le più promettenti, ma ancora non sono applicabili con facilità nella pratica clinica
- L'ultrasonografia permette di ottenere dati sull'architettura e sulle caratteristiche strutturali del muscolo spastico e, mediante l'elastografia, informazioni sulle sue proprietà visco-elastiche