

Dipartimento di Scienze Medico Diagnostiche e Terapie Speciali – Istituto di Radiologia
Università di Padova

ECOMIOGRAFIA FUNZIONALE DEL MUSCOLO DENERVATO: RISULTATI PRELIMINARI



Riccardo Zanato

Roberto Stramare

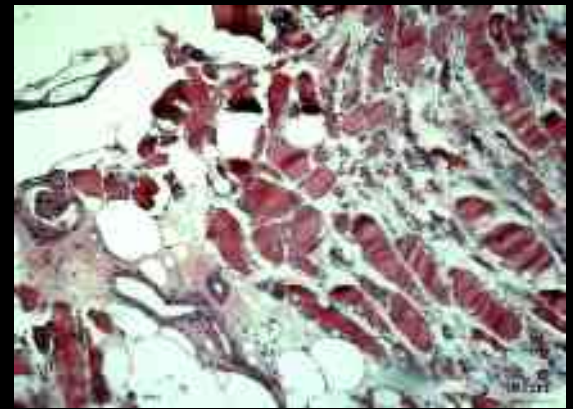
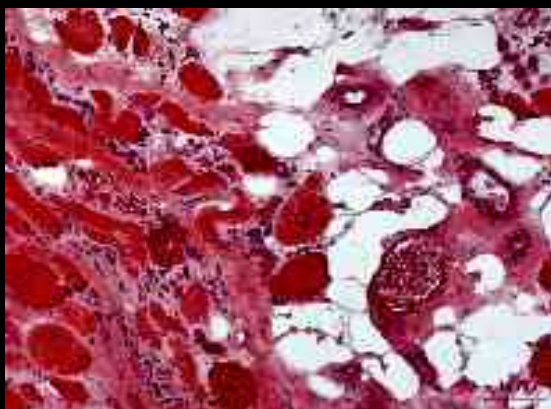
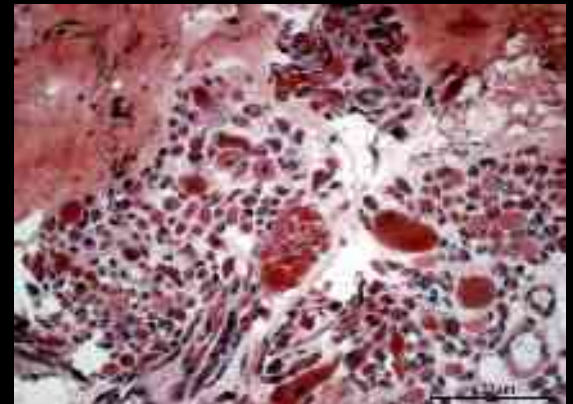
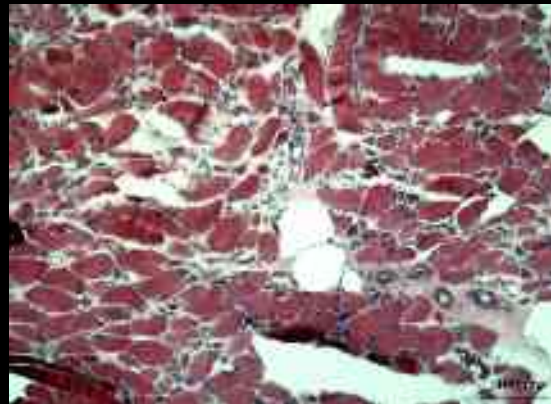
Stimolazione elettrica funzionale del muscolo denervato (FES)

- L'elettrostimolazione usata nella pratica clinica corrente non permette l'attivazione dei muscoli denervati già dopo poche settimane dalla denervazione.
- Recenti studi condotti sia su modelli animali, sia sull'uomo, hanno dimostrato che elettrostimolatori in grado di utilizzare correnti ad elevate intensità, associati ad elettrodi ad ampia superficie, sono in grado di indurre contrazioni singole e tetani nei muscoli denervati dei soggetti con paralisi "flaccida".

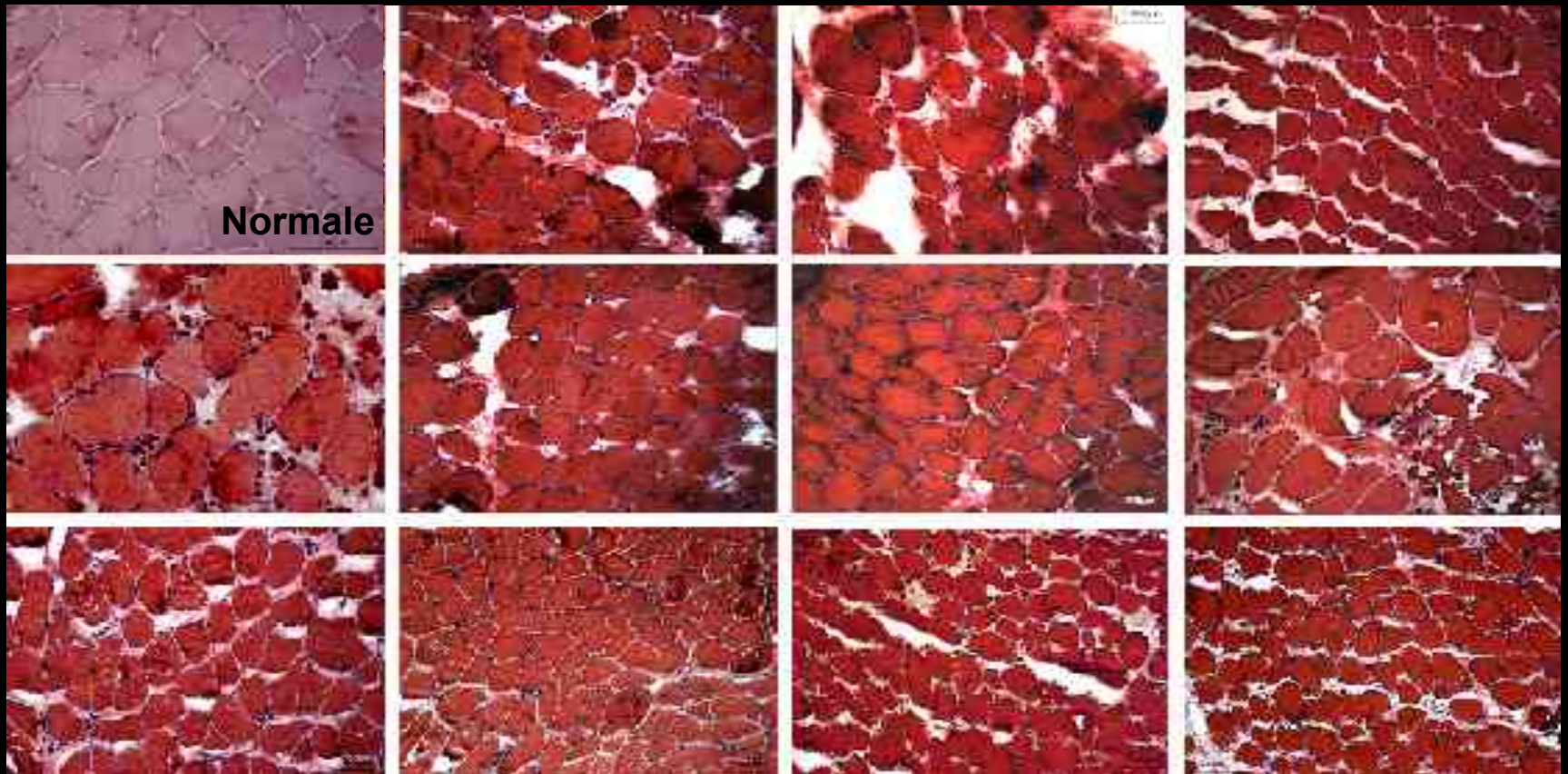
Il progetto europeo “RISE (Alzati!)”

- Studi condotti in una coorte di pazienti con lesione completa del midollo lombo-sacrale e delle radici nervose hanno dimostrato che la FES è in grado di:
 - Indurre inizialmente singole contrazioni e successivamente contrazioni sostenute (tetani) in muscoli denervati;
 - aumentare la massa muscolare;
 - migliorare il linfodrenaggio con riduzione degli edemi agli arti inferiori;
 - migliorare l'effetto estetico;
 - aumento dell'autostima e della qualità della vita.

Il muscolo cronicamente denervato



Effetto della stimolazione elettrica



Monitoraggio TC

Anni dalla
denervazione

1

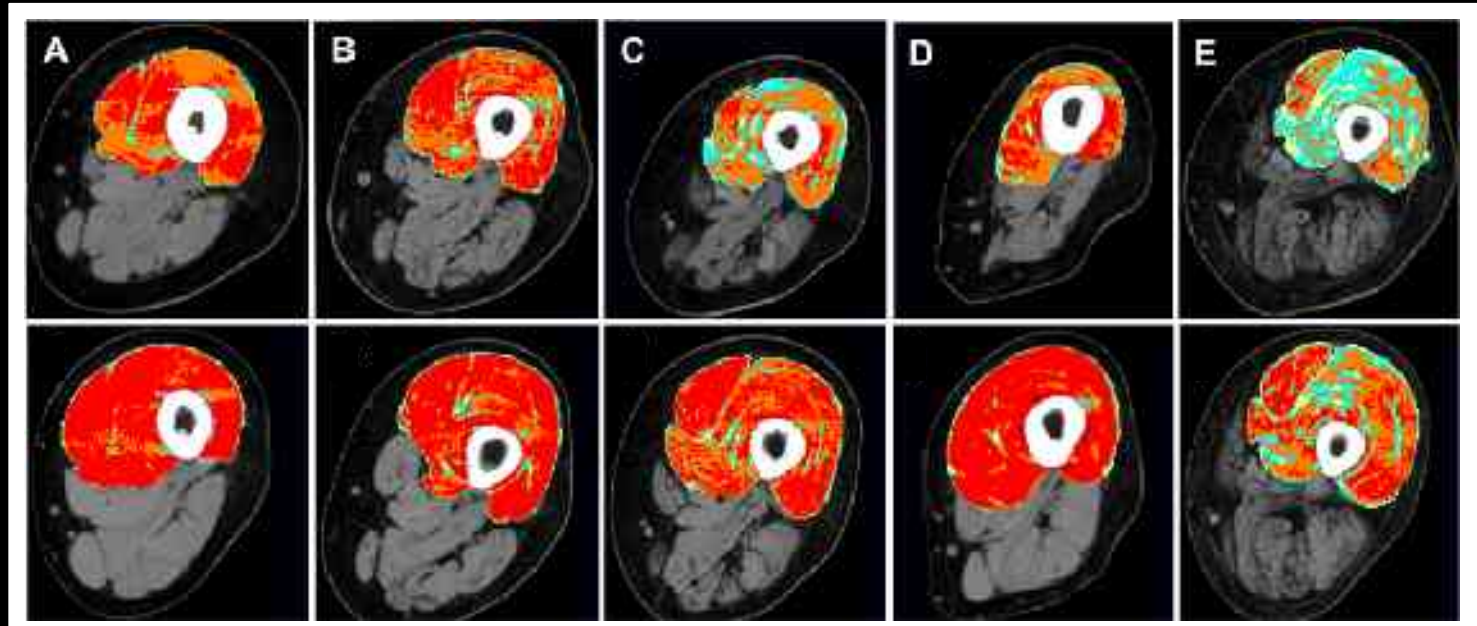
2

3

4

7

Prima
terapia



Dopo 2
anni di
terapia

■ fasci muscolari ■ tessuto fibroso

Scopo dello studio

- L'ecomiografia funzionale è la metodica ecografica che studia non solo la morfologia, ma anche la funzionalità muscolare.
- Obiettivi dell'ecomiografia funzionale del muscolo denervato:
 1. identificare le caratteristiche ecografiche del muscolo cronicamente denervato;
 2. valutare la contrazione indotta dalla stimolazione elettrica;
 3. identificare cambiamenti a breve termine sulla perfusione muscolare dopo una seduta di elettrostimolazione;
 4. valutare la fattibilità di un monitoraggio ecografico.

Materiali e Metodi

- Sono stati seguiti tre pazienti con muscoli atrofici in seguito al danno permanente dei nervi periferici (nervo sciatico, plesso brachiale, *cauda equina* rispettivamente), durante circa un anno di FES training.



Materiali e Metodi

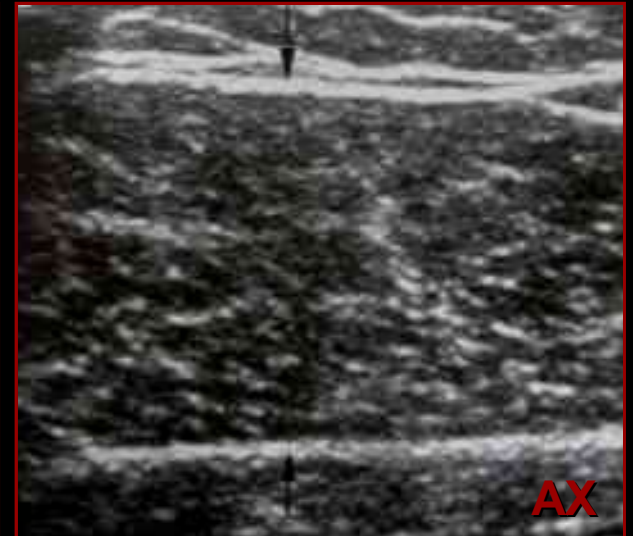
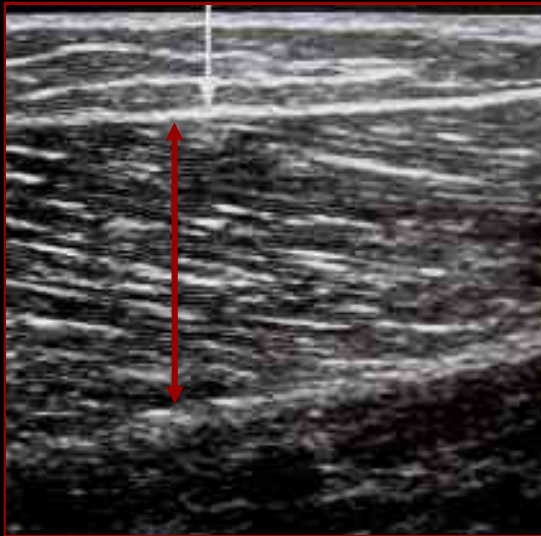
- È stata utilizzata una sonda lineare da 7.5-Mhz, posizionata perpendicolarmente alla superficie cutanea in posizioni predeterminate e specifiche per ogni soggetto, in modo tale da consentire misurazioni confrontabili e ripetibili.
- Le immagini sono state ottenute mantenendo gli stessi settaggi (profondità, gain, focus) per permettere il confronto tra immagini acquisite in tempi diversi.

Materiali e Metodi



1. Ecostruttura e Spessori

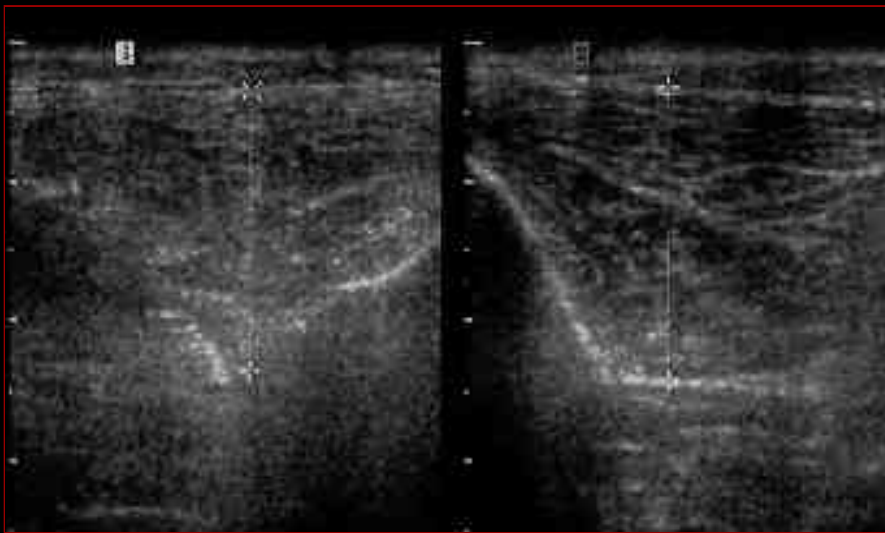
- Aspetto ecografico di un muscolo normale:
 - Fibre muscolari ipoecogene;
 - Tessuto connettivo iperecogeno (perimisio ed epimisio).



Prima
terapia



Dopo 1
anno di
terapia



■ I muscoli cronicamente denervati presentano:

- aumento diffuso dell'ecogenicità;
- diminuzione dell'eterogeneità dell'ecostruttura;
- diminuzione degli echi dell'epimisio e dei margini ossei sottostanti.

1. Ecostruttura e Spessori

- E' stato eseguito il monitoraggio degli spessori del muscolo tibiale anteriore cronicamente denervato del soggetto con lesione permanente del nervo sciatico dx.
- Questo comportamento è stato notato anche in precedenti studi condotti, con immagini TC, sul muscolo retto femorale cronicamente denervato.
- Probabilmente la terapia non stimola omogeneamente il muscolo.

2. Contrazione

- Informazioni richieste all'esame ecografico:
 - Il muscolo si contrae?
 - La stimolazione è selettiva?
 - Ci sono differenze con la contrazione del muscolo sano controlaterale?

2. Contrazione



Muscolo tibiale anteriore sinistro innervato

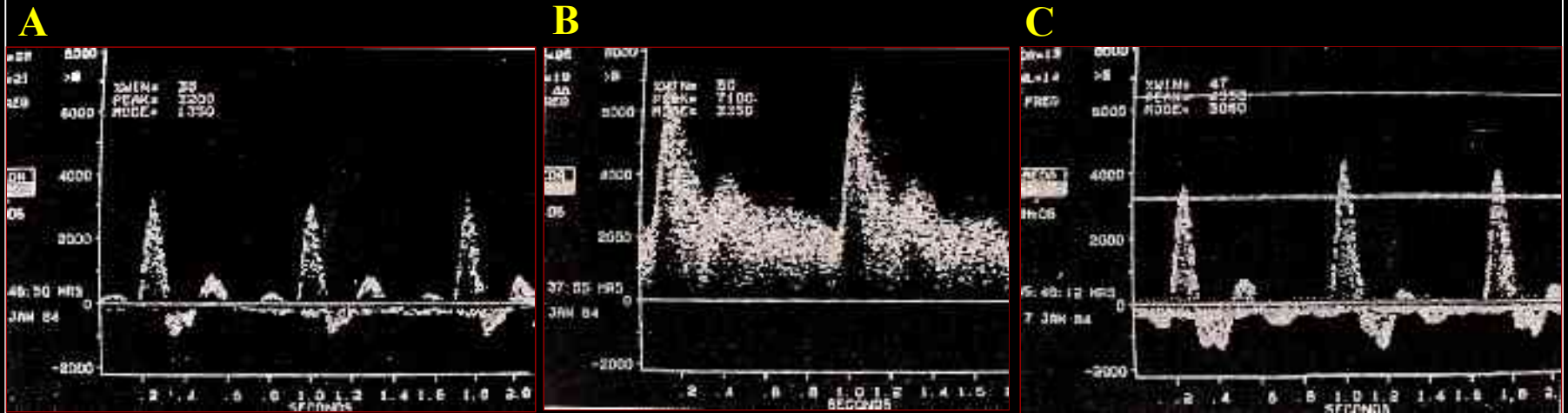


Muscolo tibiale anteriore destro denervato

2. Contrazione

- Condizioni che potrebbero influire sulla velocità di rilasciamento:
 - Diminuzione dell'elasticità muscolare;
 - Riduzione del reuptake del Ca^{2+} nel reticolo sarcoplasmatico.

3. Perfusione



- Doppler normale dell'arteria muscolare di un m. innervato:
 - a riposo (A);
 - durante contrazioni muscolari forzate (B);
 - immediatamente dopo lo sforzo fisico (C).

3. Perfusione

- Le arterie esaminate in questo studio perfondono, nel **muscolo innervato**, un territorio ad alta resistenza a riposo.



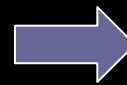
3. Perfusione

- Le arterie esaminate in questo studio perfondono, nel **muscolo innervato**, un territorio ad alta resistenza a riposo.
- Con lo sforzo fisico le arteriole si dilatano e il flusso diviene meno pulsante.



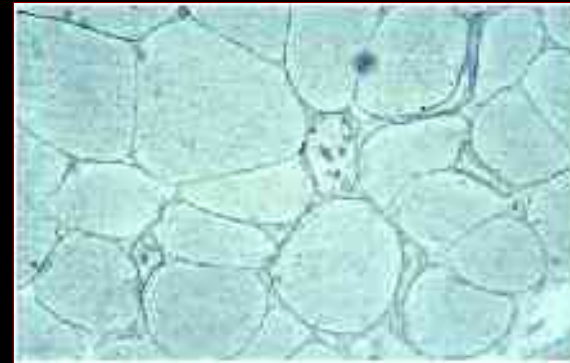
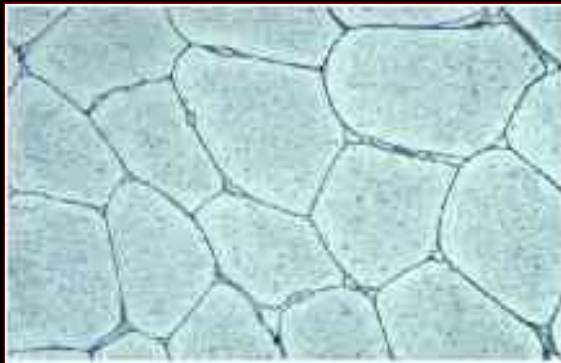
3. Perfusione

- Nel **muscolo cronicamente denervato**, in corrispondenza della stessa arteria, si rileva un tracciato Doppler a bassa resistenza.
- Dopo stimolazione elettrica, il flusso cambia diventando più pulsante. Simile a quello del muscolo sano a riposo.



3. Perfusione

- La dilatazione dei vasi capillari potrebbe essere la spiegazione della diminuzione delle resistenze periferiche nel muscolo denervato a riposo.



Impregnazione con l'argento secondo Gomori di biopsie muscolari in inclusione paraffinica.

Muscolo innervato a sinistra, muscolo denervato da circa un anno a destra.

3. Perfusione

- Più difficile è interpretare il cambiamento delle caratteristiche del flusso dopo la seduta di elettrostimolazione. I fattori coinvolti potrebbero essere:
 - l'alterazione della compliance vascolare (correlabile alle alterazioni della parete vasale e della matrice extracellulare);
 - la perdita, a causa della denervazione “autonoma”, della risposta vasale agli stimoli vasocostrittori e vasodilatatori.

4. Monitoraggio ecografico

- Studi precedenti hanno dimostrato che la misurazione degli spessori muscolari è un parametro di monitoraggio affidabile e che non ci sono significative differenze tra le stime dei parametri quantitativi muscolari (area di sezione e diametro) ottenute con US, TC e RM.
- In questo studio dimostriamo che lo spessore e la composizione dei muscoli sottoposti a FES training sono facilmente valutabili tramite l'ecografia.

4. Monitoraggio ecografico

- Le caratteristiche intrinseche dell'ecografia la rendono una tecnica ideale per il monitoraggio dei muscoli denervati:
 - Risoluzione spaziale elevata;
 - Non invasiva;
 - Non utilizza radiazioni ionizzanti;
 - Basso costo e grande diffusione negli ospedali;
 - Consente la facile esecuzione di esami dinamici e le valutazioni del circolo muscolare.

Conclusioni

- L'ecografia è la tecnica di imaging migliore per indagare ripetutamente, ad intervalli ravvicinati nel tempo, il muscolo denervato.
- La capacità di analizzare la dinamica della contrazione e di eseguire facilmente indagini della perfusione vascolare grazie all'eco-Doppler, ci ha consentito l'individuazione di anomalie funzionali dei muscoli denervati.
- L'esame ecografico consente di ottimizzare il FES training valutando gli effetti dell'elettrostimolazione in tempo reale.

Grazie per l'attenzione



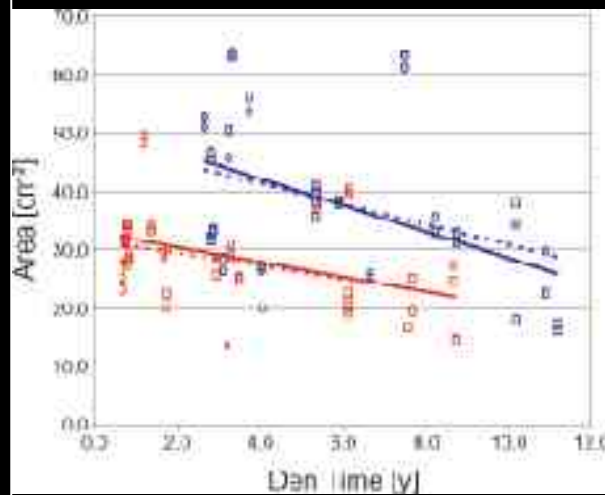
Paziente alle sbarre parallele durante la stimolazione elettrica.

Il Progetto Italiano Rise2-Italy

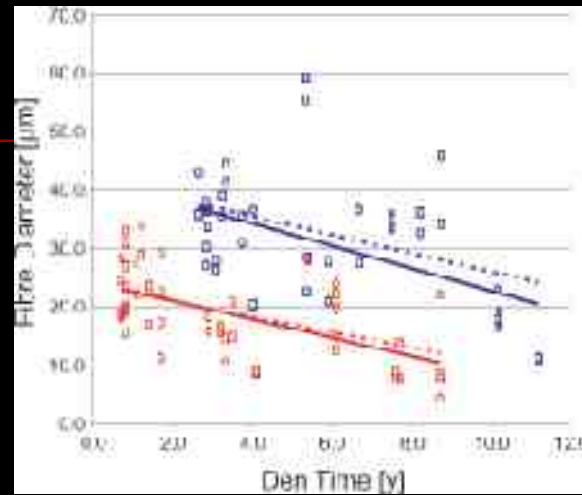
■ Obiettivi:

- Estendere gli ottimi risultati ottenuti dal progetto europeo RISE ai soggetti affetti da lesioni dei plessi nervosi o di singoli nervi;
- Approfondire le conoscenze fisiopatologiche muscolari, necessarie allo sviluppo di nuove terapie per il recupero di muscoli cronicamente denervati e degenerati;
- **Stabilire un protocollo di monitoraggio.**

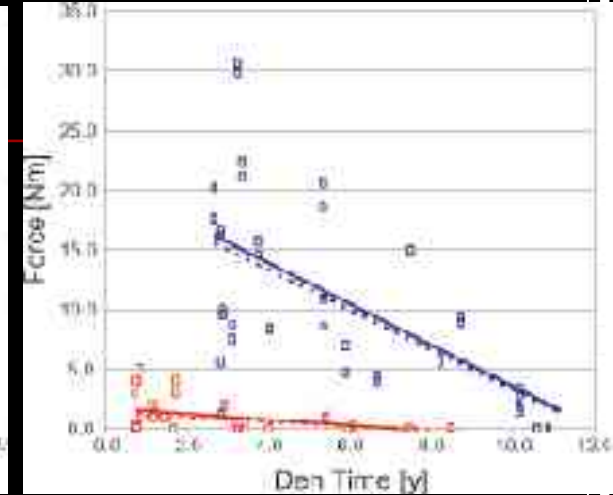
CT scan



Myofiber Diameter



Force



Dotted line: Right leg

Continuous line: Left leg

RED: Before FES

BLUE: After FES

