

Facilitare la mobilità passiva per facilitare il movimento attivo

Dagli studi sperimentali le basi fisiologiche per tradizionali manovre kinesiterapiche

Per il paziente colpito da ictus cerebrale cui consegue emiplegia è spesso difficilissimo, e a volte impossibile, il movimento di estensione delle dita. La difficoltà non dipende necessariamente dalla contrattura dei muscoli flessori, in quanto la si può riscontrare anche in caso di ipotonia. I fisioterapisti sanno bene che la mobilizzazione passiva di quelle dita ne faciliterà, almeno nell'immediato, l'estensione attiva. Lo sanno bene anche i pazienti, che riferiscono di sentire le dita "meno pesanti", di avvertire che il movimento è "più facile". Per tutti loro ha descritto autorevolmente la sensazione di leggerezza successiva alla mobilizzazione passiva il grande neuroanatomico Brodal. Colpito da emiparesi di media gravità, egli fece di se stesso uno dei più famosi casi clinici della letteratura neurologica (1).

Sempre per antica tradizione, i fisioterapisti sanno bene che, in un qualsiasi distretto corporeo, la mobilizzazione passiva può rivelarsi "facilitante" sul successivo movimento attivo, in paresi sia centrali che periferiche. Il fenomeno cui ci riferiamo non si limita al rilasciamento di muscoli contratti per impropria attivazione nervosa, ma si estende anche a casi in cui la mobilità articolare passiva sia normale, e non vi siano segni di spasticità. Come si spiega il fenomeno?

Una delle ipotesi più accettate è quella secondo cui la mobilizzazione passiva sia una tecnica per produrre afferenze in grado di "rinfrescare" (se ci è consentito il termine) l'immagine del movimento, facilitando in tal modo la produzione dell'ordine motorio volontario (1).

Un recente e rigoroso studio sul movimento della mano di pazienti emiplegici suggerisce una spiegazione più "periferica": la possibilità di una transitoria riduzione della resistenza intrinseca allo stiramento dei muscoli allungati (3).

Sono stati studiati 16 pazienti con emiparesi che comportava un deficit nella estensione attiva delle dita. Come si vede nella fig. 3 ai pazienti veniva richiesto di estendere l'indice, mentre si misuravano l'angolo metacarpo-





falangeo e l'attività elettromiografica di superficie degli estensori e dei flessori delle dita (è praticamente impossibile isolare, con elettrodi di superficie, l'attività dei soli muscoli dell'indice). Un potenziometro trasduceva l'angolo articolare, che poteva così essere rappresentato in funzione del tempo sul video di un terminale. Sullo stesso video compariva la traccia pre-registrata prodotta dalla mobilitazione passiva a fondo corsa flessione estensoria dell'indice stesso. Al paziente veniva richiesto di generare, con movimenti di flessione-estensione dell'indice, una traccia che restasse quanto più possibile sovrapposta a quella pre-registrata dal computer. In altre parole, egli doveva cercare di eseguire attivamente le stesse escursioni articolari possibili passivamente.

In un test successivo, il paziente doveva compiere estensioni attive isometriche dell'indice del lato parietico contro un trasduttore di forza. I livelli di forza comparivano ancora una volta sul video come una traccia oscillante

Fig. 4 Risposta di un soggetto con emiparesi al test di "inseguimento" della traccia mediante flessione-estensione del polso del lato parietico, prima (A) e dopo (B) un breve trattamento con mobilitazione passiva in estensione delle dita. I tracciati in alto riportano gli spostamenti della traccia-guida (curve regolarmente sinusoidali) e della traccia prodotta dal paziente con i movimenti della mano. I tracciati inferiori riportano (dall'alto verso il basso) il segnale elettromiografico di superficie degli estensori e, rispettivamente, dei flessori delle dita. Dopo la mobilitazione il paziente riesce a compiere estensioni molto più ampie. Il miglioramento non è attribuibile ad una ridotta coattivazione degli antagonisti (anzi, questa sembra aumentare), né ad un aumento di attività degli agonisti (anzi, questa sembra ridursi). E' quindi ipotizzabile una riduzione della resistenza passiva meccanica dei muscoli flessori. Il fenomeno non si riproduce in pazienti non trattati tra un test ed il successivo (da Carey JR, 3).

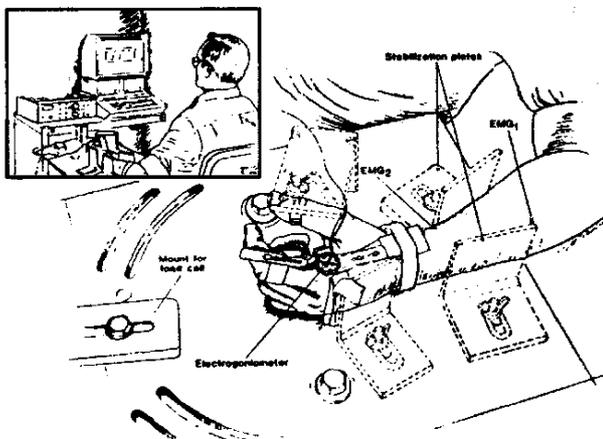


Fig. 3. Situazione sperimentale durante il test di "inseguimento" di una traccia-bersaglio su video terminale con traccia generata dalla flessione-estensione del polso. Prelievo di segnale elettromiografico di superficie dal muscolo estensore comune delle dita-EMG e del muscolo flessore superficiale delle dita-EMG (da Carey JR, 3)

in funzione del tempo. Una traccia-bersaglio oscillava con le escursioni massime corrispondenti alle massime variazioni di forza producibili nella estensione dell'indice del lato sano. Dopo una prima coppia di test (estensione con escursione articolare, estensione isometrica) il gruppo di 8 pazienti veniva trattato con una seduta di mobilitazione passiva di 5 minuti: si estendevano passivamente le ultime quattro dita, e le si mantenevano a fondo corsa per circa 20 secondi. Seguiva poi una pausa di rilasciamento di 20 secondi. Si eseguiva quindi nuovamente la coppia di test sopra descritti.

V'erano due gruppi di controllo: uno costituito da altri 8 pazienti con emiparesi, ed uno da 8 soggetti sani. Tra un test ed il successivo questi soggetti aspettavano a riposo per 5 minuti.

Nei controlli non si evidenziò nessuna variazione. Le fig. 4A, 4B mostrano le escursioni articolari ottenute in un paziente rappresentativo del gruppo trattato. Le tracce si riferiscono, dall'alto verso il basso, all'escursione articolare "bersaglio", all'escursione pro-

dotta attivamente dal paziente, all'attività elettromiografica degli estensori e dei flessori. Le figure a sinistra e a destra si riferiscono ai test eseguiti rispettivamente prima e dopo il trattamento.

Dopo il trattamento il paziente non solo ha guadagnato una notevole escursione articolare, ma è anche in grado di seguire con maggiore precisione la traccia-bersaglio. Che cosa è successo? I tracciati elettromiografici rivelano che l'attività dei flessori è addirittura aumentata: non si può invocare, quindi, l'inibizione di una loro eventuale iper-attività. Non si può nemmeno ipotizzare un aumento di forza degli estensori, il cui EMG non varia. Per inciso, non varia minimamente, prima e dopo la mobilitazione, la forza erogata in estensione isometrica (non illustrato).

L'ipotesi avanzata dagli Autori è quella di un aumento di estensibilità delle strutture capsulo-articolari e, soprattutto, di una riduzione della resistenza viscoelastica dei muscoli allungati, causata dal trattamento. Questo spiegherebbe il fatto che si osserva un

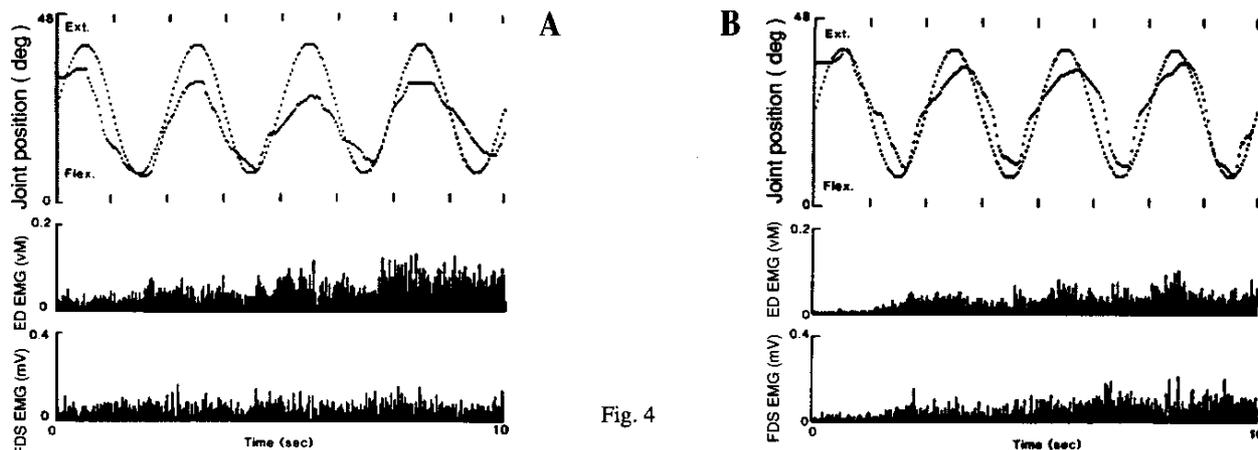


Fig. 4

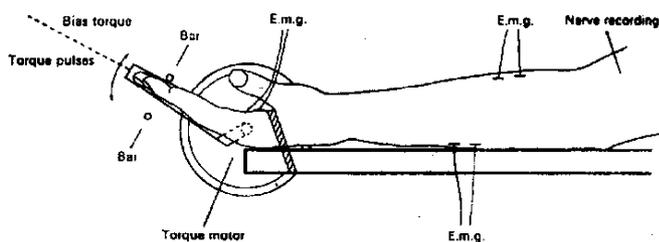


Fig. 5. Condizioni sperimentali in cui sono state analizzate le variazioni di resistenza allo stiramento ("stiffness") dei muscoli flessori delle dita in seguito a varie manovre di mobilizzazione attiva e passiva. Si registrava l'ampiezza del movimento di estensione delle dita indotto da impulsi meccanici (torque pulses) con momento di forza e durata costanti (0.1-0.2

Nm, 1-2 s). Simultaneamente si registrava l'EMG di superficie dai gruppi muscolari indicati. La tendenza delle dita a "cadere" in maggiore estensione dopo alcune delle manovre di mobilizzazione veniva contrastata da un lieve momento flessorio ("bias torque"), che riportava le dita a contatto con una barra d'arresto ("bar") (da Hagbarth KE, 3).

miglioramento solo nel test in cui si richiedeva una escursione articolare: risultato compatibile con il fatto che eventuali riduzioni di resistenza viscoelastica non dovrebbero produrre alcun effetto in condizioni isometriche. Si spiegherebbe anche il paradosso di un aumento di escursione estensoria pur in presenza di una aumentata attivazione nervosa dei flessori: l'aumento di estensibilità potrebbe più che compensare questo fenomeno.

Ma dove può avere sede questo "rilasciamento" dei muscoli? Il pensiero corre subito agli elementi elastici in parallelo, fasce e sarcolemma. Come vedremo, vi sono motivi per ritenere che non sia così e che gran parte del fenomeno risieda invece nella stessa materia contrattile.

MATERIA CONTRATTILE E CONNETTIVO IN PARALLELO: FAR CONTRARRE O STIRARE PER OTTENERE IL RILASCIAMENTO?

E' piuttosto improbabile che i risultati degli esperimenti appena citati dipendano in misura rilevante dal rilasciamento degli elementi elastici in parallelo alla materia contrattile. La mobilizzazione non forzava l'allungamento muscolare oltre i limiti raggiungibili senza particolari resistenze, ed il fenomeno si verifica anche in pazienti con mani ipotoniche: parlare di "stretching", dunque, sarebbe improprio. Diminuisce dunque la reazione viscoelastica della materia contrattile in sé?

Abbiamo riletto un lavoro citato dagli Autori, che ci è parso di grande interesse pratico per i riabilitatori anche se è stato pubblicato su una rivista di fisiologia (4). Il muscolo, lo si sapeva da tempo, possiede proprietà tissotropiche. "Una sostanza fissotropica ha la caratteristica di modificare le sue proprietà viscoelastiche in funzione della storia del suo movimento" (4). Quando "agitiamo prima dell'uso" un gel che diviene più fluido, e che ritorna più viscoso se lasciato fermo per alcuni minuti, ne sfruttiamo le proprietà tissotropiche: rompiamo ponti molecolari in grado di riformarsi poi nel periodo di quiete.

Gli Autori di questo lavoro hanno studiato l'estensibilità dei flessori dell'indice in esperimenti in cui il dito veniva esteso da una leva in grado di imporre momenti di forza noti (0.1 - 0.2 Nm) in brevi impulsi della durata di circa 1-2 secondi: l'ampiezza dell'escursione avrebbe così costituito un indice della reazione viscoelastica dei flessori (fig. 5). Anche in questo caso, si studiava la capacità di manovre manuali di estensione passiva, analoghe a quelle descritte nel lavoro precedente ma applicate per soli 5 secondi, di accrescere l'estensibilità dei flessori. Non solo, ma si studiavano anche l'effetto di una mobilizzazione passiva in flessione, e l'effetto di pre-contrazioni isometriche, in allungamento o in accorciamento, dei flessori stessi.

La figura 6 dimostra chiaramente che

una sola manovra di estensione passiva è in grado di accrescere per oltre 10 minuti l'estensibilità dei flessori. La traccia superiore rappresenta, in funzione del tempo, l'angolo metacarpo-falangeo (deflessione verso l'alto=estensione). Le manovre di mobilizzazione passiva (estensoria e, verso la fine del tracciato, flessoria) corrispondono alla deflessioni che escono "fuori scala". La traccia inferiore rappresenta gli impulsi estensori. Gli inserti rappresentano singoli movimenti estensori, su un asse dei tempi espanso. E' molto ben evidente che dopo un solo movimento di estensione passiva massima divengono possibili per molti minuti, in risposta allo stesso momento di forza estensoria, escursioni più ampie e più rapide

Dopo di che, una sola manovra di flessione passiva rovescia la situazione: l'estensibilità diminuisce di colpo. Il fenomeno non dipende da variazioni di attività muscolare: infatti è riproducibile anche in condizioni di completa denervazione (non illustrato). Dunque, il sistema muscolare possiede proprietà tissotropiche: l'allungamento rompe ponti molecolari, l'accorciamento ne facilita la formazione. Se il fenomeno riguardasse soltanto il connettivo muscolare, una contrazione isometrica dei flessori, prima del loro allungamento passivo, non dovrebbe produrre alcun effetto. Non è così. La fig. 7 riporta, oltre che le tracce già descritte nella fig. 6, anche il tracciato elettro-

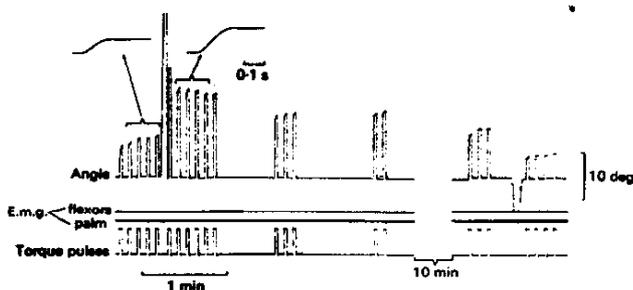


Fig. 6. Variazioni di stiffness dei muscoli flessori delle dita in seguito a singole manovre di mobilizzazione passiva. I tracciati in alto riportano le variazioni, in funzione del tempo, dell'angolo metacarpo-falangeo (estensione verso l'alto); le tracce intermedie riportano l'EMG dei flessori delle dita e dei muscoli intrinseci palmari; la traccia inferiore evidenzia i momenti di forza estensori, costanti per intensità e durata, prodotti dalla strumentazione. Le manovre di mobilizzazione passiva a fondo corsa estensoria o flessoria sono evidenziate dalle deflessioni "fuori scala" verso l'alto o, rispettivamente, verso il basso, nella traccia superiore. Una sola manovra di mobilizzazione passiva è in grado di modificare per parecchi minuti le proprietà meccaniche passive del muscolo. L'estensibilità aumenta dopo stiramento (a sinistra) e diminuisce dopo accorciamento (a destra). Il fenomeno dipende da proprietà intrinseche dei muscoli: infatti non si registrava alcuna attività EMG durante il test. Gli inserti riportano, su asse dei tempi "espanso", due escursioni estensorie del polso, rispettivamente prima e dopo la manovra di mobilizzazione. Si noti come l'escursione divenga non solo più ampia, ma anche molto più rapida (da Hagbarth KE, 4)



miografico di superficie dei flessori e degli estensori delle dita. E' molto ben evidente che la pre-contrazione isometrica rende i flessori molto più estensibili, anche se non sono stati sottoposti ad alcun allungamento. Il guadagno in estensibilità è paragonabile a quello che si può ottenere con le manovre di mobilizzazione passiva. Dunque il gel actomiosinico in sé possiede rilevanti proprietà tissotropiche, sufficienti a spiegare pressoché per intero le variazioni di estensibilità indotte dalle manovre di mobilizzazione passiva. Il complesso studio sperimentale prosegue dimostrando che:

a) pre-contrazioni in accorciamento riducono l'estensibilità muscolare

b) pre-contrazioni in allungamento accrescono l'estensibilità più di quanto faccia la pre-contrazione isometrica

c) la vibrazione tendinea applicata per pochi secondi accresce anch'essa l'estensibilità del muscolo

d) l'effetto della pre-contrazione isometrica e della vibrazione è maggiore se si fa precedere una pre-contrazione in accorciamento

e) la maggiore estensibilità non viene contrastata, come ci si potrebbe aspettare, da una contrazione riflessa provocata dai fusi neuromuscolari sottoposti anch'essi a maggiore allungamento. Anzi, l'attività dei fusi diminuisce, il che suggerisce che le loro fibre siano ancor più "tissotropiche" di quelle extrafusali

IMPLICAZIONI RIABILITATIVE

Fa parte del patrimonio tecnico di ogni fisioterapista un insieme di tecniche di contrasto manuale alla contrazione attiva dei muscoli da sottoporre poi a stiramento passivo. Le basi neurofisiologiche di queste tecniche sono ancora in gran parte controverse. Il lettore interessato ne troverà un'agile discussione in un breve lavoro di qualche anno fa (2). Al contrario, la loro maggior efficacia clinica, rispetto a manovre di semplice allungamento muscolare passivo, ha già trovato convincenti dimostrazioni in studi sui muscoli degli arti inferiori (5), ed ora sui flessori delle dita della mano. C'è ancora bisogno, tuttavia, di un approfondimento dei meccanismi fisiologici del fenomeno, che consenta lo sviluppo di tecniche ancora più efficaci. I due lavori di cui abbiamo riportato alcune figure vanno in questo senso. In

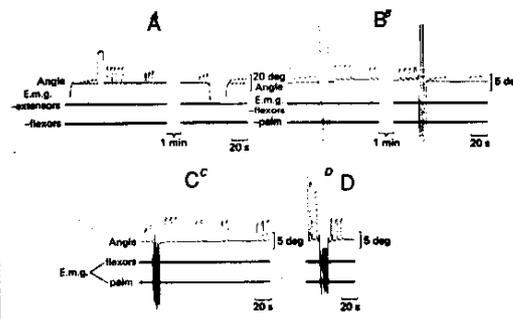


Fig. 7. Variazioni di resistenza allo stiramento ("stiffness") dei muscoli flessori delle dita a seguito di diverse manovre condizionanti.

Si registravano l'angolo metacarpo-falangeo (traccati in alto, estensione verso l'alto), l'EMG di superficie di estensori e flessori delle dita (A; traccati intermedi ed in basso) o di flessori e muscolatura intrinseca palmare (B, C, D.). In A la manovra condizionante era costituita da una manovra di mobilizzazione passiva a fondo corsa in estensione. In B si eseguivano ripetute flessione-estensioni: la manovra decisiva era comunque l'ultima, estensoria a sinistra e flessoria a destra; dopo l'estensione la mobilità passiva aumenta, dopo la flessione diminuisce. In C si evidenzia l'effetto rilassante di una intensa contrazione isometrica nel movimento di flessione delle dita, mentre in D si evidenzia l'effetto "irrigidente" di una contrazione con accorciamento (da Hagbarth KE, 4).

più ci mandano anche un messaggio generale: la tissotropia muscolare rappresenta un fenomeno meccanico che, coinvolgendo i fusi muscolari, determina rilevanti fenomeni nervosi. Si tratta di una ulteriore conferma del fatto che la comprensione del mondo meccanico può facilitare di molto l'interpretazione dei fenomeni nervosi.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Brodal A. Self observations and neuro-anatomical considerations after a stroke. Brain 1973; 96: 675-694
- 2) Etnyre BR, Lee EJ. Comments on proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. Res Quart Exerc Sport 1987; 58, 2: 184-188
- 3) Carey J. Manual stretch: effect on finger movement control and force control in stroke subjects with spastic extrinsic finger flexor muscles. Arch Phys Med Rehabil 1990; 71: 888-894
- 4) Hagbarth KE, Hägglund JV, Nordin M, Wallin EU. Thixotropic behaviour of human finger flexor muscles with accompanying changes in spindle and reflex responses to stretch. J Physiol 1985; 368: 323-342
- 5) Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? Arch Phys Med Rehabil 1982; 63: 261-263

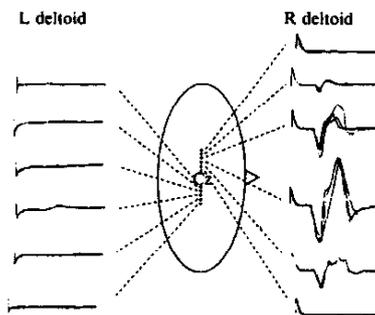


Fig. 8. Potenziali evocabili dal muscolo deltoideo in un paziente amputato di braccio con stimolazione magnetica della corteccia cerebrale controlaterale, in punti corrispondenti, e con identico stimolo, nel moncone (a destra) e nel braccio integro (a sinistra) (da Cohen LG, 2)