

Sensazione e movimento: uno per tutti, tutti per uno

Uno spettro si aggira per la riabilitazione: la divisione fra aspetti nervosi e meccanici del movimento, (il cervello contro i muscoli). Quanto dannosa essa sia per la comprensione dei deficit motori e per la programmazione di esercizi terapeutici, abbiamo richiamato più volte su queste pagine (1,2).

Ma c'è un altro spettro più discreto e subdolo, anch'esso - non meno del primo - risultato di una visione anatomica delle funzioni motorie: è la classica distinzione fra sensazione e movimento, vie nervose afferenti contro (vie nervose efferenti). Questa distinzione ha il suo corrispettivo nell'esame neurologico classico, che esplora quasi del tutto indipendentemente queste due funzioni: le quali, come vedremo, forse non sono così facilmente distinguibili.

La propriocezione (l'insieme della sensibilità artro-muscolare) viene indagata con test di sensibilità vibratoria ma soprattutto con test di posizione articolare, o stato-chinestesia. In sostanza, si chiede al soggetto di riconoscere o di riprodurre la posizione di un'articolazione, dopo che l'esaminatore l'ha mossa. La sensibilità, e in certa misura anche la sensazione, di questo test viene messa a dura prova da un piccolo ma convincente lavoro comparso sulla pre-

stigiosa "Neurology" (3). Due scimmie, denominate T e B, venivano addestrate a riportare il dito indice in una posizione "neutra", senza poterlo vedere, dopo che l'esaminatore l'aveva spostato con velocità, direzione ed ampiezza variabili (Fig. 7). Gli animali venivano quindi sottoposti a sezione dei cordoni spinali posteriori omolaterali a livello medio-cervicale, allo scopo di interrompere tutte le fibre che veicolano le afferenze muscolari e articolari dall'arto superiore. Dopo due ed otto settimane (T e B, rispettivamente) gli esperimenti venivano ripetuti. Alla fine del ciclo di esperimenti si sacrificavano gli animali e si esaminava istologicamente la lesione prodotta.

Prima dell'intervento, le scimmie non avevano alcuna difficoltà nel riportare sempre il dito nella posizione di partenza. Subito dopo l'intervento, sia T che B presentavano un grave deficit motorio: l'arto lesa non veniva praticamente utilizzato. Soltanto se l'arto superiore sano veniva

immobilizzato, le scimmie si rassegnavano ad utilizzare l'arto lesa per prendere il cibo. Dopo parecchie settimane ricompariva l'utilizzo dell'arto deafferentato in attività complesse come l'arrampicamento e il cammino. Ma i suoi movimenti erano comunque rari e goffi. T e B venivano sottoposte nuovamente al test rispettivamente due e otto settimane dopo l'intervento. Ebbene, nell'insieme dei movimenti richiesti non si rilevava alcun calo di prestazione, a dispetto della gravità della lesione midollare (Fig.8) e del grave deficit motorio complessivo dell'arto superiore. Soltanto l'animale T, che iniziò i test dopo due settimane, compiva un numero di errori superiore del 40%, rispetto al periodo preoperatorio, ma soltanto nei movimenti più lenti (meno di 7°/s) e di minore ampiezza (meno di 14°). Gli autori limitano la discussione ad alcuni punti di rilevanza pratica per l'esame neurologico: se il clinico mira a diagnosticare una lesione dei cordoni posteriori, i test di posizione articolare sono

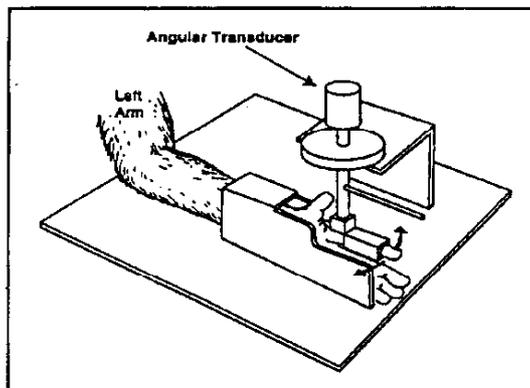


Fig 7. Apparato utilizzato per misurare la capacità di una scimmia di riportare il dito indice in posizione neutra, senza poterlo vedere e dopo che l'esaminatore l'ha spostato in flessione o in estensione con ampiezza e velocità variabili. L'animale eseguiva il test sia prima, sia dopo aver subito deafferentazione dell'arto superiore attraverso sezione dei cordoni posteriori midollari omolaterali (da Glendinning DS, 1)

decisamente poco sensibili: soprattutto quando ormai può essere intervenuto un certo recupero spontaneo (si veda B rispetto a T).

E' meglio fidarsi di test cutanei "complessi", come il riconoscimento di simboli tracciati sulla cute (grafestesia). E infine, gli Autori azzardano l'ipotesi che la sensibilità propriocettiva sia molto più importante nel controllo di movimenti poliarticolari.

Quasi contemporaneamente, un lavoro sull'Uomo portava sostegno sperimentale a quella che nel lavoro sopra citato veniva data come pura ipotesi di lavoro (4). Questa volta il modello sperimentale era costituito da due pazienti con una rara neuropatia (large fiber sensory neuropathy) ad eziologia sconosciuta, che distrugge tutte e soltanto le fibre sensitive a maggior diametro, quelle che più contribuiscono alla propriocezione muscolo-articolare. La malattia esordisce bruscamente ed evolve in settimane o mesi fino a coinvolgere praticamente l'intero corpo. Il paziente presenta segni gravissimi di incoordinazione (inclusa una imponente atassia nella marcia), ed è interamente dipendente dalla vista per le più varie attività motorie. Gli autori hanno chiesto ai pazienti e ad 11 soggetti sani una semplice prestazione "poliarticolare": riprodurre più volte il gesto di "tagliare una fetta di pane" (Fig. 9). Un sofisticato sistema di analisi tridimensionale del movimento consentiva di calcolare diversi parametri delle traiettorie dell'omero, dell'avambrac-

cio e della mano.

Il movimento-test presenta nel soggetto normale diverse caratteristiche interessanti (Fig. 10, in alto). Le traiettorie delle tre articolazioni sono molto riproducibili; il polso tende a muoversi con traiettoria lineare e a mantenersi su uno stesso piano; esiste una precisa sincronia fra le tre traiettorie: in sostanza, le tre articolazioni invertono la direzione di movimento pressoché insieme, nei momenti in cui la mano raggiunge la massima vicinanza o la massima lontananza rispetto al tronco. Linearità e monoplanarità possono essere sintetizzate da indici numerici ricavati dalla geometria del movimento. Un indice di "accoppiamento" fra i movimenti di gomito e spalla (coupling) è rappresentato dal ritardo fra il momento in cui inizia la flessione del gomito ed il momento in cui l'arto inizia a "tornare indietro" (la spalla inizia ad estendere). Normalmente, questo ritardo è nell'ordine di un centesimo di secondo. Nulla di tutto questo accade nei pazienti (Fig. 10 in mezzo ed in basso): le traiettorie sono capricciose, e soprattutto ogni articolazione fa storia a sé

quanto a piani di movimento e sincronia con le altre articolazioni.

Nella Fig. 11 i grafici a barre descrivono i risultati numerici relativi agli indici di linearità (in alto) e di planarità (in mezzo) dei movimenti del polso, e al ritardo che rivela "disaccoppiamento" dei movimenti di gomito e spalla. A sinistra (più lineari, più complanari, e meno "disaccoppiati") troviamo la media degli 11 soggetti sani. Al centro e a destra troviamo i due pazienti. Qual'è l'effetto del controllo visivo? Le barre nere rappresentano i test eseguiti ad occhi chiusi, quelle più chiare i test eseguiti osservando l'arto. E' evidente che la vista aggiunge poco alla qualità del movimento nei soggetti sani, mentre consente netti miglioramenti nei soggetti deafferentati.

Quali sono le considerazioni più "riabilitative" che possiamo trarre da questi due lavori? In primo luogo, i movimenti complessi possono soffrire per un deficit sensitivo molto più di movimenti semplici. Se non si tiene conto di questo dato, si può incorrere in gravi errori di sottovallutazione della patologia. Un esempio ci è fornito da un lavoro

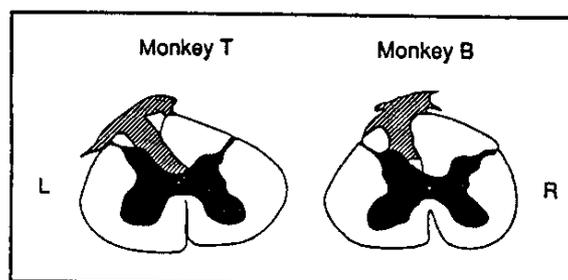


Fig. 8. Conferma istologica della lesione (area tratteggiata) prodotta nelle due scimmie sottoposte al test di cui in Fig. 1. La sezione del cordone posteriore avveniva a livello C4/C5 (T) o C5/C6 (B).



Fig 9. Schema del movimento di "affettare il pane" richiesto a 2 soggetti con deafferentazione (large fiber sensory neuropathy) e 11 soggetti normali, allo scopo di studiare la coordinazione spalla/gomito/polso (da Sainburg RL,2)

su un'altra prestigiosa rivista neurologica (5). Gli autori dimostrerebbero che l'immobilizzazione prolungata a letto non porta - come invece sostiene un'opinione corrente in riabilitazione - ad una riduzione della sensibilità propriocettiva del ginocchio. Ma nell'articolo la propriocezione viene ridotta al senso di posizione articolare. Il test consisteva nel chiedere a soggetti allestiti da almeno due settimane di riconoscere o di riprodurre posizioni del ginocchio ottenute attivamente o passivamente con flessioni od estensioni lente e di piccola ampiezza. Visto che i pazienti rispondevano bene, si concludeva che mancava l'evidenza di un "disallenamento propriocettivo". Abbiamo visto quanto poco sensibili possano essere in generale i test di statochinestesia. E inoltre: siamo sicuri che la propriocezione di questi pazienti si rivelerebbe ancora sufficiente in attività dinamiche, dalla corsa al sollevamento di carichi, e comunque in movimenti poliarticolari?

Il movimento, certo non fra i più complessi, di "affettare il pane" usato come modello sperimentale nel lavoro citato in precedenza già dimostra con quanta chiarez-

za un deficit sensitivo possa emergere nel corso di movimenti poliarticolari. Occorre sviluppare, dunque, una semeiotica del danno sensitivo basata sull'osservazione delle sue conseguenze motorie. La neurologia classica ci dà soltanto pochi esempi - e piuttosto elementari - di test sensitivo-motori: ad esempio la prova indice-naso o tallone-ginocchio, i test di diadococinesia (inversione ritmica di movimenti flessori o rotatori degli arti) e la semplice osservazione del cammino, da definirsi più o meno "a

base allargata". Se la propriocezione "tiene insieme" i movimenti dei diversi segmenti corporei, dovrebbe essere possibile espandere la gamma dei test diagnostici a movimenti standard multi-articolari e addirittura multi-arti. Per esempio, è stato evidenziato che nei soggetti con atassia eredo-degenerativa è pressoché assente la capacità di compiere cicli di flesso-estensione del polso mentre la caviglia omolaterale si muove in contro-fase, quando invece è molto meno alterata la capacità di muovere le due articolazioni

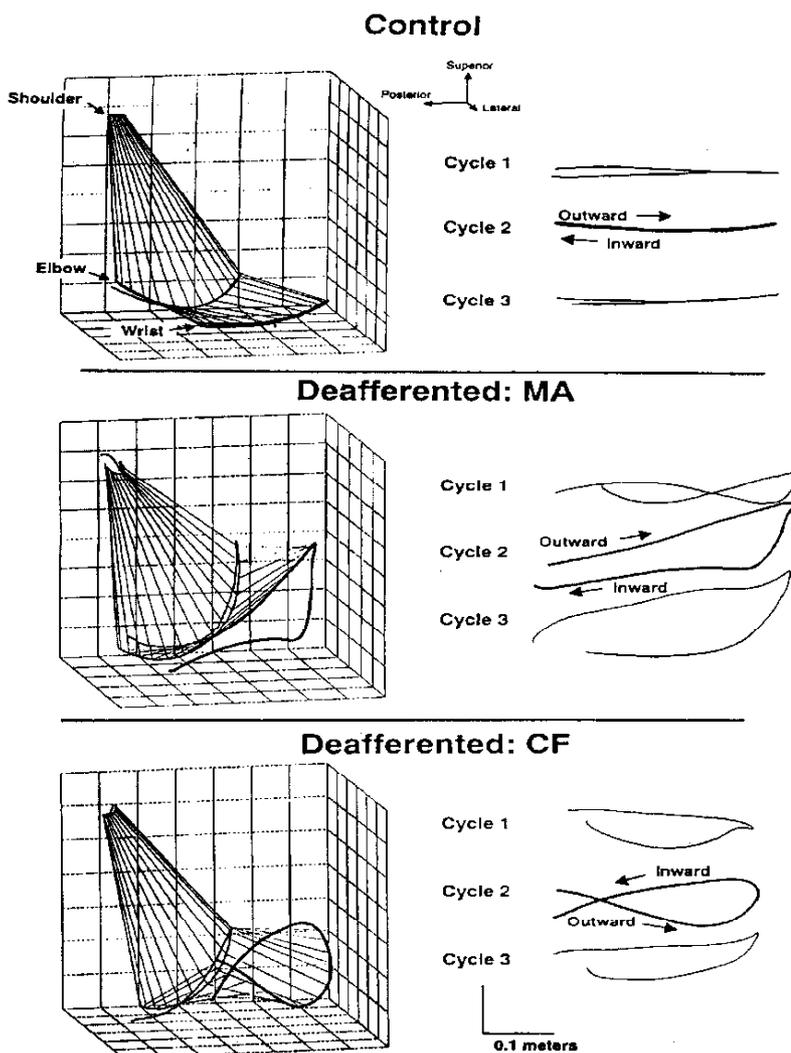


Fig 10. Descrizione geometrica con "stick diagram" del movimento di spalla, gomito e polso (shoulder, elbow, wrist) nel movimento di va-e-vieni rappresentato in Fig 9. In alto: soggetto sano. Le traiettorie del polso sono assai riproducibili in cicli successivi. In ciascun movimento il percorso è pressoché identico all'andata e al ritorno, e si mantiene quasi interamente su uno stesso piano. Al centro ed in basso: due pazienti con deafferentazione dell'arto. La riproducibilità inter-cicli e, in ciascun ciclo, fra andata e ritorno è assai ridotta. Il polso si muove all'interno di un volume molto più ampio (da Sainburg RL,2)

nello stesso verso (6). Anche la coordinazione di movimenti bilaterali può essere alterata specificamente in caso di deficit sensitivo (7).

E forse bisogna estendere la semeiotica "motoria" del danno sensitivo a prestazioni ancora più complesse e con un preciso significato funzionale: non mancano, ad esempio, proposte organiche di valutazione del deficit propriocettivo nell'ambito del mantenimento nell'equilibrio (8).

Qualche suggerimento dal punto di vista terapeutico? Ne emergono almeno due.

Primo: sembra ragionevole ritenere che il controllo sensitivo vada non solo valutato, ma anche allenato in movimenti complessi, preferibilmente gli stessi in cui esso dovrà realmente funzionare. Non si tratta che di ribadire il ferreo principio della specificità dell'allenamento (mi alleno più efficacemente con il tipo di movimenti che dovrò poi compiere in pratica). Il secondo suggerimento richiede un'occhiata più da vicino al primo lavoro, quello sulle due scimmiette allenate a muovere il dito indice. Ricordate? L'arto deafferentato restava plegico per settimane, per poi essere usato raramente e in modo maldestro. Si tratta di una osservazione che risale al 1895, niente meno che Sherrington. Raccomandiamo vivamente ai lettori la classica rassegna di Taub (9) sull'effetto motorio della deafferentazione. Il modello sperimentale più utilizzato in Letteratura è costituito da scimmie cui vengono sezionate le radici spinali sensitive, appena prima della loro emergenza dal midollo spinale. L'animale tende a dimenticare l'arto deafferentato. Non si tratta di una vera paralisi: l'arto può essere utilizzato, e anche piuttosto bene, in condizioni particolari come una reazione condizionata di evitamento di uno stimolo elettrico.

Vi sono validi motivi per ritenere che l'animale tenti inizialmente di utilizzare l'arto ma, visti i primi

insuccessi, opti per un recupero adattativo. In altri termini, gli conviene utilizzare in modo compensatorio gli arti sani, piuttosto che compromettere la sua mobilità complessiva per colpa di un arto poco efficiente: da qui il termine di "learned non use", letteralmente "non-utilizzo appreso", attribuito al deficit motorio. Eppure, è possibile ottenere il ritorno definitivo dell'utilizzo dell'arto deafferentato sia deafferentando, sia immobilizzando per alcuni giorni anche l'altro arto superiore: insomma, basta "forzare" l'animale non lasciandogli altre alternative. I movimenti che ritornano hanno forza pressoché normale. Per quanto un po' goffi e meno precisi, essi consentono all'animale attività motorie intense, inclusi arrampicamento e alimentazione. La voglia di muoversi non sembra venir meno quando al-

l'animale viene preclusa la vista.

Dunque: nelle lesioni (del nervo ma -perché no?-anche del sistema nervoso centrale) che causano un deficit sia sensitivo sia motorio il primo potrebbe aggravare la paresi vera e propria aggiungendovi un "non-uso". La ricerca suggerisce che il non-uso sia superabile prevenendo meccanismi compensatori.

Il principio probabilmente è molto più generale, e non vale solo per il deficit motorio da deafferentazione. E' stato sottolineato come l'"utilizzo forzato" di un arto abbia analogie con la classica occlusione dell'occhio sano nello strabismo, unico provvedimento in grado di mantenerne l'acuità visiva (10). C'è forse "non-uso" anche nella mano di un paziente con emiparesi post-ictale?

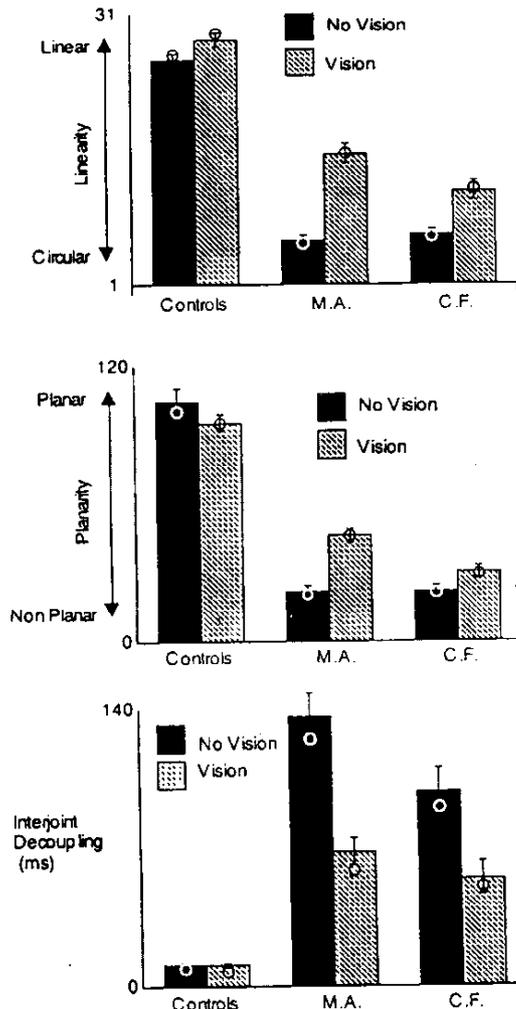


Fig 11. Indici di coordinazione inter-articolare nel movimento rappresentato in Fig 9.

Ogni coppia di barre si riferisce, da sinistra verso destra, alla media di soggetti sani e a due pazienti con deafferentazione. Barre scure e chiare si riferiscono a movimenti compiuti rispettivamente ad occhi chiusi, e guardando l'arto.

In ordinata: in alto, valore numerico di un indice di linearità (da contrapporre alla circolarità) del movimento del polso; al centro: indice di mono-planarità del movimento del polso; in basso: ritardo, in millisecondi, fra inizio della flessione del gomito e inizio del ritorno in flessione dell'omero ("decoupling" gomito/spalla). Le prestazioni dei pazienti sono nettamente inferiori, e sono molto più soggette a miglioramento quando è concesso il controllo visivo (da Sainburg RL,2).

Vi è chi ha provato ad indurre un "utilizzo forzato" imprigionando la mano sana per due settimane in un semplice guanto "a muffola", con risultati incoraggianti (11).

La preclusione dell'utilizzo compensatorio della vista, opportunamente resa inaffidabile, è stata proposta come tecnica di diagnosi del deficit propriocettivo nei disturbi dell'equilibrio (8,12) e, più recentemente, come tecnica per "forzare l'utilizzo" della propriocezione residua nel contesto di esercizi motori per le atassie (13).

Si può dire che se lo scopo è un

recupero funzionale, in sintesi, deficit di propriocezione e di movimento non possono essere né valutati né trattati indipendentemente: ancora una volta la riabilitazione è sempre neurologica, ma non è mai neurologia.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Redazionale. Charle E. Beevor: un neurologo, i muscoli e i movimenti. Ric Riabil 1992;1,1:8-10
- 2) Redazionale. Componenti esecutive e componenti posturali del movimento volontario: verso una visione unitaria. Ric Riabil 1992;1,2:2-7

- 3) Glendinning DS, Vierck CJ. Lack of a proprioceptive deficit after dorsal column lesions in monkeys. Neurology 1993; 43:363-366
- 4) Sainburg RL, Poizner H, Chez C. Loss of proprioception produces deficits in intejoint coordination. J Neurophysiol 1993; 70,5:2136-2147
- 5) Swinkels A, Ward CD, Bagust J. Effect of immobilisation on position and movement sense of the knee. (Letter) J Neurol Neursurg Psych 1993 1994?;.....382-383
- 6) Tesio L, Baldissera, Cavallari P, Dones I. Anti-phase coupling between the wrist and ankle rotations: a test sensitive to

-
- proprioceptive and cerebellar deficits (Abstract). Proceedings of the VI IRMA Congress, Madrid 1990; Excerpta Medica, Amsterdam, p.313
- 7) Teasdale N et al. Bimanual interference in a deafferented patient and control subjects. In: Swinnen S, Heuer H, Massion J, Casar P (Eds): Interlimb coordination. Neural, dynamical and cognitive constraints, 1994 Academic Press, San Diego, pp.244-258
- 8) Nashner LM, Peters JF. Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. *Neurol Clin* 1990;8,2:331-349
- 9) Taub E. Movement in nonhuman primates deprived of somatosensory feedback. *Exerc Sports Sci Rev* 1977;4:355-374
- 10) Tesio L. From neuroplastic potential to actual recovery after stroke: a call for cooperation between drugs and exercise. (Letter) *Aging* 1991;3:97-98
- 11) Taub E et al. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:347-354
- 12) Shumway-Cook A, Horak F. Assessing the influence of sensory interaction on balance. Suggestion from the field. *Phys Ther* 1986;66,10:1548-1550
- 13) Tesio L, Gatti R. Educazione dell'equilibrio: inquadramento fisiopatologico dei programmi di esercizio terapeutico. Atti del XII Corso di Aggiornamento della Società Italiana di Neurologia (SIN), Bari 1994, in stampa
-