

## Stimolazione magnetica corticale: la neuroplasticità a tiro di oscilloscopio?

**C**he cosa succede nelle vie motorie centrali quando esse perdono i contatti con alcuni segmenti corporei, in seguito ad un'amputazione di arto o alla sezione del midollo spinale?

Sembrirebbe, in questo caso, che non valga la regola dell'atrofia da non uso. Vie e centri nervosi rimasti orfani vengono reinvestiti nel controllo motorio dei segmenti corporei normalmente innervati, appena contigui a quelli di cui si è perso il controllo. La stimolazione magnetica corticale può documentare questi fenomeni.

Come è noto, questa tecnica consiste nell'applicare un campo magnetico rapido ed intenso in prossimità della superficie cranica, al di sopra delle aree motorie della corteccia cerebrale. Lo stimolo è totalmente indolore e, almeno per quanto si sa finora, non provoca alcun danno. Il campo magnetico induce nel tessuto nervoso correnti in grado di eccitare vie nervose motorie. Se lo stimolo è sufficientemente focalizzato e di intensità appropriata, esso riesce ad eccitare, tramite vie discendenti, specifici nuclei motoneuronali spinali o addirittura singoli motoneuroni (3), e attraverso questi le fibre muscolari. Ecco perché si parla di potenziali evocati motori o PEM. L'attivazione muscolare è poi rilevabile con elettromiografia di superficie. Velocità di conduzione e ampiezza di questi potenziali evocati

Fig. 9. Ciascuna coppia di curve riporta il potenziale elettromiografico di superficie ottenuto dai muscoli addominali dopo stimolazione magnetica massimale delle radici omolaterali spinali (risposta M- traccia superiore) e dalla corteccia motoria controlaterale (traccia inferiore). La colonna di sinistra si riferisce a 5 soggetti sani, quella di destra a 5 soggetti con paraplegia da lesione midollare toracica bassa.

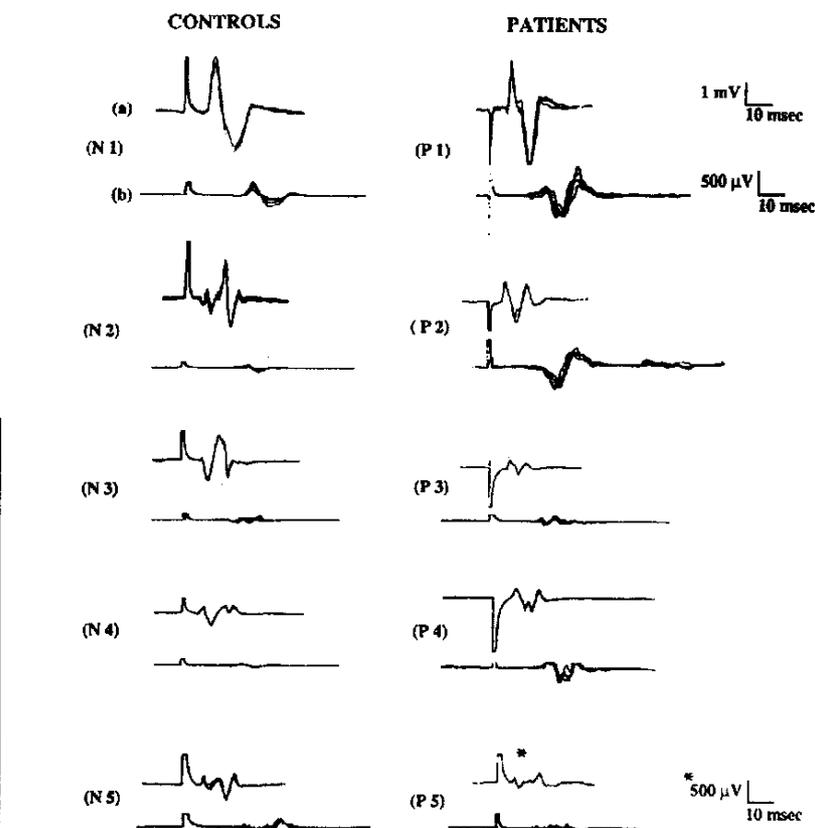
Nei paraplegici la stimolazione magnetica riusciva a produrre l'attivazione di una quota molto maggiore di unità motorie, rispetto a quanto avveniva nei soggetti normali (da Topka H, 4).

motori possono fornire informazioni clinicamente utili (3) sullo stato delle vie motorie centrali ed anche sulle condizioni del nervo periferico (1). Anche le radici spinali sono eccitabili direttamente.

Nel caso dei PEM corticali l'intensità dello stimolo necessario per evocare una certa risposta muscolare può fornire un indice della eccitabilità dell'area corticale interessata dallo stimolo stesso, o comunque delle vie motorie a questa connesse. La determinazione di sede ed estensione dell'area da cui si può ottenere l'attivazione di un certo muscolo, con stimoli di intensità nota, consente di delineare delle vere e proprie mappe somatotopiche: un po' come fece Penfield nel disegnare il suo famoso "homunculus", ottenuto però con stimolazione elettrica diretta della corteccia cerebrale durante interventi neurochirurgici. La eccitabilità delle singole aree è mutevole, a seconda dello stato funzionale delle vie motorie. Un aspetto affascinante di questa metodica è proprio la sua capacità di fornire una vera e propria "fotografia istantanea" della eccitabilità corticale. Manovre facilitative di vario tipo (ad esempio, una lieve pre-contrazione volontaria del muscolo - bersaglio) possono accrescere l'eccitabilità di quella stessa area corticale.

Due recenti studi hanno analizzato le alterazioni dell'"immagine corporea" corticale, definita in termini di eccitabilità con stimolazione magnetica, in pazienti che hanno subito amputazione di braccio (2) o completa sezione midollare a livello toracico basso (4)

La fig. 8 mostra i segnali elettromiografici di superficie evocabili dai muscoli deltoidi, con identica stimolazione dei due emisferi, in un amputato di braccio destro: a destra si riconoscono i segnali EMG dal deltoide del moncone, a sinistra i segnali EMG dal deltoide dell'arto superiore sano. La risposta di sinistra è quella normale. E' evidente



che l'"immagine" del moncone ha invaso aree corticali che di solito non le competono, ma che in un certo senso hanno adottato il moncone dopo avere perso il loro bersaglio fisiologico, e cioè il segmento amputato. Rispetto a quanto avviene nei soggetti sani o nell'arto integro, in questi pazienti i muscoli del moncone sono evocabili non solo da aree più estese, ma anche con intensità di stimolo inferiori, per ogni data area di eccitabilità (non illustrato). La fig. 9 mostra, nella colonna di sinistra, i potenziali evocabili dai muscoli addominali di destra in 5 soggetti sani (da N° 1 a N° 5) con stimolazione diretta massimale delle radici spinali (risposta M, tracciato superiore in ciascuna coppia di curve), e con stimolazione magnetica corticale (tracciato inferiore in ciascuna coppia di muscoli). La risposta M è il massimo potenziale EMG che si potrebbe ottenere, se tutti i motoneuroni spinali corrispondenti ad un certo muscolo fossero attivati contemporaneamente. Il potenziale evocato con stimolazione magnetica può essere valutato in termini di percentuale della massima attivazione muscolare possibile. La colonna di destra riporta i potenziali evocabili in 5 pazienti (da P1 a P5) con paraplegia da lesione midollare toracica bassa ed in cui, ovviamente, era rimasto integro il controllo volontario

dei muscoli esaminati. E' evidente che nei paraplegici uno stesso stimolo corticale riusciva ad attivare una percentuale molto maggiore di motoneuroni dei muscoli esaminati, rispetto a quanto avviene nei soggetti di controllo. In più, i muscoli addominali erano evocabili con latenze minori e con stimolazione di aree corticali più estese (non illustrato). La stimolazione magnetica riesce quindi a dare un'immagine dello stato funzionale (eccitabilità, connessioni ecc.) delle vie motorie, in modo relativamente semplice e non invasivo. Finora essa è stata utilizzata prevalentemente per studi di conduzione delle vie motorie, analogamente a quanto è avvenuto, sul versante sensoriale, per i potenziali evocati somato-sensoriali, acustici e visivi. Un aspetto ancora tutto da scoprire, tuttavia, sembra proprio lo studio delle variazioni di stato funzionale durante prestazioni motorie di vario tipo, o dopo terapie. Ad esempio, la tecnica potrebbe prestarsi allo studio delle variazioni indotte nella eccitabilità e nella "planimetria" delle vie motorie dalle manovre facilitative utilizzate in riabilitazione, oppure da esercizi terapeutici, oppure ancora da farmaci somministrati per favorire il recupero di funzioni nervose dopo lesioni centrali o periferiche. In altre parole, con questa





tecnica apprendimento motorio e neuroplasticità potrebbero essere ormai a portata di oscilloscopio, ed essere traducibili in mappe di eccitabilità: quanto basta per rendere curioso qualsiasi riabilitatore

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Britton TC, Meyer BU, Herdmann J, Benecke R. Clinical use of magnetic stimulator in the investigation of peripheral conduction time. *Muscle Nerve* 1990; 13: 396-406
- 2) Cohen LG, Bandinelli S, Findley TW, Hallett M. Motor reorganization after upper limb amputation in man. A study with focal magnetic stimulation. *Brain* 1990; 114: 615-627
- 3) Mills K, Murray N, Hess CW. Magnetic and electrical transcranial brain stimulation: physiological mechanism and clinical applications. *Neurosurgery* 1987; 20, 1: 164-168
- 4) Topka H, Cohen LG, Cole RA, Hallett M. Reorganization of corticospinal pathways following spinal cord injury. *Neurology* 1991; 41: 1276-1283