

## Componenti esecutive e componenti posturali del movimento volontario: verso una visione unitaria

*Un nuovo campo di applicazione  
per l'esercizio terapeutico?*

### **REAZIONI POSTURALI PER DARE STABILITÀ AL MOVIMENTO VO- LONTARIO: STABILITÀ RISPETTO A CHE COSA?**

Si fanno sempre più affascinanti le scoperte sull'integrazione fra la componente coscientemente volontaria di un movimento e le sue inevitabili componenti inconscie, quelle che realizzano il contesto

meccanico più favorevole all'espletarsi dell'azione volontaria stessa (9,10). I movimenti che costituiscono un'azione volontaria, dunque, si possono classificare in due categorie principali: quella intenzionale, definita "focale" o "esecutiva", e quella inconscia, definita "posturale".

Nell'uso corrente il termine "posturale" comprende ormai sia le più note reazioni automatico-riflesse, prodotte in risposta ad un disturbo esterno, sia l'attività che inconsapevolmente associamo ad un movimento volontario. Come quella riflessa, anche quest'ultima può essere molto varia e complessa, estendendosi dalla regolazione del riflesso da stiramento di un muscolo sinergista (10) fino alla diffusa attivazione di muscoli assai remoti da quelli "esecutivi", come è richiesto nelle reazioni di equilibrio (5-7).

La letteratura scientifica sta producendo impegnative rassegne accomunate dall'intenzione di fare il punto sulle conoscenze in materia. Negli ultimi decenni i meccanismi posturali sono stati studiati con i più vari protocolli sperimentali. Tenferemo una sintesi di alcune di queste sintesi: ci scuserà il lettore se l'analisi dei singoli lavori perderà in potere risolutivo.

"L'atto motorio può essere paragonato ad un iceberg, di cui la parte visibile è il movimento, e la parte nascosta - che spesso è la più importante - è il mantenimento di valori di riferimento" (5). Che cosa sono i "valori di riferimento"? Se desideriamo restare fermi in piedi mentre solleviamo un peso con una mano, inconsciamente abbiamo assunto un valore di riferimento principale interno a noi stessi, e cioè la proiezione del baricentro corporeo all'interno della base di appoggio. In altri termini, vogliamo due cose: esplicitamente, sollevare il peso; implicitamente, restare in equilibrio.

La nostra attività muscolare posturale (e inconscia) sarà profesa a mantenere costante il "valore di riferimento", e cioè ad eseguire un ordine implicito, finalizzato alla realizzazione dell'ordine motorio esplicito.

Se camminiamo leggendo il giornale, implicitamente vogliamo mantenere costante la distanza occhi-pagina: il valore di riferimento sarà la distanza fra due punti di cui uno sarà interno ed uno esterno a noi.

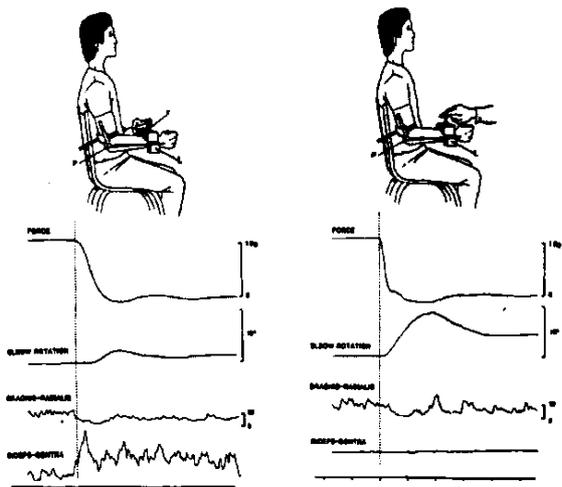
E ancora: se stiamo camminando con una tazza di tè in mano (un esempio di CD Marsden, citato in 5) il "valore di riferimento principale", cioè che vogliamo implicitamente, sarà esterno a noi, e precisamente una certa posizione della tazza di tè nello spazio. Ci potrà capitare di scomporci o perfino di cadere, ma ci muoveremo automaticamente cercando che il tè non si versi. Ecco dunque una prima fondamentale distinzione: vi possono essere "valori di riferimento" sia interni, sia esterni al sistema corporeo. Ne deriva la necessità, per i diversi sistemi sensoriali, di collaborare integrando le loro specifiche informazioni sul mondo sia interno che esterno a noi. In termini tecnici, si potrà dire che possiamo utilizzare riferimenti esocentrici (ad esempio, punti di riferimento visivi), egocentrici (conosco il mio stato muscolare e articolare: propriocezione), geocentrici (conosco la verticale assoluta: labirinto).

Il controllo sensoriale complessivo avrà così notevoli margini di sicurezza. Se distolgo la vista dalla tazza di tè che ho in mano, potrò comunque mantenere il piattino orizzontale confrontando informazioni labirintiche e propriocettive (posizioni reciproche ed assolute della spalla, del gomito e del polso...). Ed

Fig.1.-Il soggetto regge con l'avambraccio, a gomito flesso, un peso che può essere rimosso dall'operatore ("imposed unloading", a sinistra), o dal soggetto stesso, utilizzando l'altro arto superiore ("voluntary unloading", a destra). In entrambi i casi, viene richiesto di non modificare la posizione del gomito. Dall'alto verso il basso le curve riportano la forza di contatto avambraccio-peso, l'angolo del gomito (deflessione verso l'alto = flessione), l'attività elettrica di superficie di uno dei muscoli che mantengono il gomito flesso (il brachioradiale) e l'attività del bicipite brachiale controlaterale. Segnatempo: 100 ms. La situazione di "scarico imposto" dall'operatore comporta un errore piuttosto ampio (si veda la flessione del gomito) poiché il brachioradiale viene inibito circa 30 millisecondi dopo l'inizio (tempo 0) della manovra di scarico. Quando il sollevamento del peso è dovuto ad un movimento volontario del soggetto stesso, la flessione del gomito sarà molto inferiore. Infatti l'inibizione del brachioradiale inizia circa 15 millisecondi prima dell'"alleggerimento", e coincide con l'inizio dell'attività elettrica del muscolo agonista (il bicipite controlaterale). Il passaggio da una strategia "reattiva" ad una "anticipatoria" consente un risultato migliore (da J Massion, 5.)

VOLUNTARY UNLOADING

IMPOSED UNLOADING



anche se fisso lo sguardo sulla tazza potrò muovere le gambe per salire dei gradini, se i sistemi propriocettivo e labirintico fanno il loro dovere.

### PROTAGONISTI E COMPRIMARI FRA I SISTEMI SENSORIALI: IL COPIONE STABILISCE I RUOLI.

Possiamo ritenere che la scelta di un tipo di "valore di riferimento" presuppone che sia diverso il peso attribuito ai diversi tipi di informazione. Protagoniste, e quindi più "ascoltate", saranno le informazioni esocentriche (vista, udito) se il riferimento è esterno a noi, informazioni egocentriche (propriocezione) se il problema è mantenere un certo assetto intra-corporeo, informazioni geocentriche (sensazioni labirintiche) se il problema è il mantenimento dell'equilibrio.

La capacità di dare diverso peso ai diversi sistemi sensoriali a seconda delle circostanze, capacità della quale discuteremo più avanti, si rivela particolarmente preziosa in situazioni di conflitto fra sistemi sensoriali stessi.

A tutti noi sarà capitato di veder muovere un treno dall'interno di un altro treno: quale dei due è davvero partito? La vista ci può dire che è il nostro, ma saranno gli altri due sistemi (propriocezione e soprattutto labirinto) a darcene o meno conferma, sempre che essi siano in piena efficienza.

E' noto, per esempio, che l'efficienza del sistema propriocettivo non è ancora completa nella prima infanzia, e non lo è più nell'invecchiamento. Corrispondentemente, in questi periodi della nostra vita siamo particolarmente dipendenti dalla vista per il mantenimento dell'equilibrio (4). Per inciso, questo spiega un fenomeno ben noto ai riabilitatori, e cioè l'effetto particolarmente destabilizzante che ha un calo anche minimo di acuità visiva nell'anziano.

### REAZIONI POSTURALI: INCONSCIE, MA NON SOLTANTO RIFLESSE.

Un secondo punto-chiave per la comprensione dei meccanismi posturali che accompagnano il movimento volontario è la loro differenza dai meccanismi posturali "riflessi". Questi ultimi, ricordiamo, sono prodotti in risposta ad un disturbo esterno. La programmazione delle reazioni che accompagnano il movimento volontario, invece, precede l'inizio del movimento "esecutivo". Se è necessario, i muscoli coinvolti in queste reazioni possono essere attivati anche dopo i muscoli "esecutivi". Ciò nonostante, l'attività posturale è frutto del progetto iniziale, e non è l'effetto di disturbi generati dalla componente "esecutiva" del movimento stesso. Per questo motivo, queste reazioni posturali vengono comunque definite "anticipatorie". Per contrasto, le reazioni riflesse che non solo seguono cronologicamen-

te, ma dipendono anche in modo causale da disturbi esterni vengono definite "reattive". In termini tecnici si vuol dire che il controllo delle attività anticipatorie è del tipo a "feed-forward" (traducibile più o meno in "procedere sempre in avanti"). Non è necessario un evento esterno per produrle: basta l'intenzione motoria.

### SAPER SCEGLIERE FRA STRATEGIA "ANTICIPATORIA" E STRATEGIA REATTIVA".

Quando è possibile prevedere il disturbo causato dal movimento volontario è anche possibile organizzare in modo veramente ottimale l'attività posturale. Un esempio estremamente didattico è quello fornito dal "paradigma" sperimentale che è ormai noto come test "del cameriere", per l'analogia che esso presenta con un gesto tipico di questo mestiere: sollevare con una mano un peso (un bicchiere? una bottiglia?) posto su di un vassoio sostenuto dall'altra mano. La fig. 1 illustra la procedura (o "paradigma") sperimentale, e le relative reazioni posturali. Se il soggetto "si toglie il peso da sé" (voluntary unloading) il vassoio si sposterà assai poco. Ma se qualcun altro "si serve da sé" e toglie il peso (imposed

unloading), per quanto il soggetto stia attento e preveda con grande precisione l'istante del sollevamento il vassoio si sposterà transitoriamente verso l'alto. Nel primo caso, l'inizio dell'attività elettrica dei muscoli del braccio che solleva il peso coincide con lo "spegnimento" dei muscoli che reggono il peso stesso (ad esempio, il brachioradiale). Nel secondo caso, il soggetto dovrà aspettare che le afferenze muscolo-articolari segnalino l'errore (l'arto si è mosso verso l'alto, il vassoio è divenuto più leggero) perché entrino in gioco i riflessi da stiramento. Per l'occasione questi sono tenuti molto vivaci: in questo modo, al minimo allungamento il tricipite allungato si contrarrà, mentre il brachioradiale accorciato si rilasserà, ed il movimento del gomito sarà ridotto al minimo (5).

L'incapacità di utilizzare opportunamente le più efficaci reazioni anticipatorie piuttosto che attività di tipo reattivo può essere una caratteristica fondamentale di molti disturbi motori (4). Si vedano situazioni di spasticità: l'attività anticipatoria appena descritta trova ostacoli nella scarsa inibizione dei riflessi da stiramento, che invece sono alla base della risposta reattiva. Anche nel morbo di Parkinson i disturbi

posturali, con effetti così invalidanti sull'equilibrio, sono stati ricondotti ad un "deficit nell'interazione fra movimento volontario e meccanismi posturali di supporto" (4). In altre parole, vi sono condizioni patologiche in cui la strategia anticipatoria non riesce ad imporsi sulla strategia reattiva.

### SAPER SCEGLIERE LA REAZIONE ANTICIPATORIA GIUSTA NEL CONTESTO GIUSTO.

Veniamo ora ad un tema fondamentale: l'adattabilità delle reazioni anticipatorie ai diversi contesti meccanici. La Fig. 2A si riferisce ad un movimento, quello di "salire in punta di piedi", che viene eseguito, in un soggetto sano, con una tipica reazione anticipatoria. Infatti questo movimento (traccia inferiore: spostamento anteroposteriore del centro di pressione su piattaforma di forza) richiede l'attivazione transitoria di molti altri muscoli oltre che dei flessori plantari (tracce superiori: segnale elettromiografico da QUA= quadricipite, TA= tibiale anteriore, TS= tricipite surale). E questo, già prima che inizi l'attività dei flessori plantari stessi (2). In questo modo, il baricentro corporeo potrà essere portato in avanti prima che i flessori plantari possano agire "tirando indietro" la gamba e poi tutto il resto del corpo rispetto al piede. Il risultato complessivo sarà la flessione plantare associata però alla salita, come si voleva. La sequenza appena descritta non è ottenibile nel paziente con atassia cerebellare cui si riferisce la Fig. 2B, e che infatti tende a "perdere l'equilibrio" nel salire in punta di piedi. Nel paziente le reazioni anticipatorie anticipano in realtà molto poco, e invece che transitorie divengono assai prolungate. Si noti che anche il soggetto normale presenta proprio questo tipo di attività quando deve salire in punta di piedi con il dorso appoggiato al muro (non illustrato): l'anticipo dei muscoli posturali non è più così necessario, visto che la proiezione all'indietro del baricentro è una componente tollerabile del movimento. In un certo senso, è come se il paziente atassico disponesse di reazioni fisiologiche, ma in numero assai scarso, e quindi spesso inadatte all'attuale contesto meccanico. Ecco un altro punto importante: anche l'incapacità di adeguare le reazioni posturali al contesto meccanico può essere una caratteristica fondamentale di molte patologie motorie (4,10).

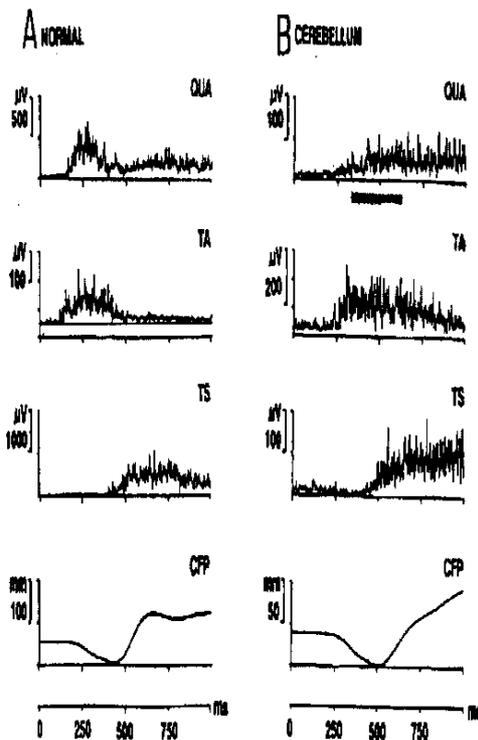


Fig. 2. "Salire in punta di piedi" richiede l'intervento non solo dei muscoli "esecutivi" (ad es. il tricipite surale) ma anche l'intervento anticipatorio di molti altri muscoli dell'arto inferiore. In A) è riportata la registrazione, da un soggetto sano, dell'attività elettrica di superficie dal quadricipite femorale (QUA), dal tibiale anteriore (TA) e dal tricipite surale (TS). Il soggetto sta su una piattaforma di forza, che documenta lo spostamento del centro di pressione (CFP; deflessione verso il basso = spostamento in avanti) durante il movimento. L'attività del tricipite surale è preceduta dall'attività transitoria del tibiale anteriore, che ha lo scopo di portare il baricentro corporeo in avanti verso la futura e più ristretta base d'appoggio. In caso contrario, la flessione plantare si tradurrebbe in una spinta del sistema corporeo all'indietro. Il tibiale anteriore, di per sé, flettere la gamba rispetto alla coscia: questo movimento è prevenuto dall'attivazione del quadricipite, estensore della gamba. In B) sono riportate le registrazioni da un soggetto con atassia cerebellare. Si nota che i muscoli "posturali" anticipano molto meno rispetto al muscolo "esecutivo", e restano continuamente attivi. (da H-C Diener et al,3, modificata)

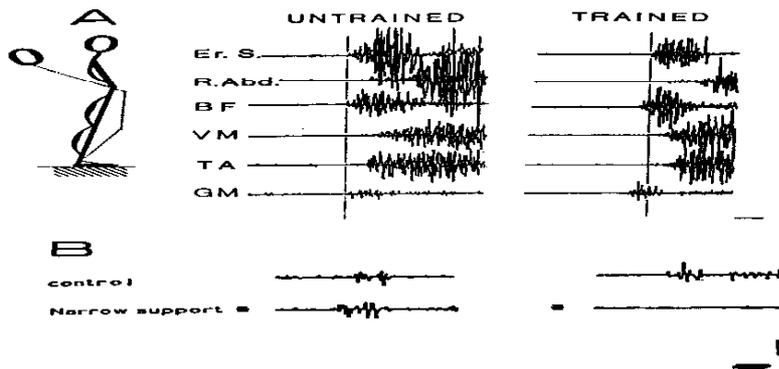


Fig.3. L'allenamento può produrre la comparsa, in un movimento non abituale, di efficaci reazioni anticipatorie altrimenti assenti. Il test consisteva nella estensione del tronco e del capo, in stazione eretta, con la massima velocità possibile in risposta ad un segnale acustico (come da "silhouette" in A). A. I tracciati riportano, dall'alto verso il basso, l'attività elettrica di superficie dai muscoli paraspinali (erector spinae, Er.S.), Retto addominale (R.Abd.), Bicipite femorale (BF), Vasto mediale (VM) Tibiale anteriore (TA) e Gastrocnemio mediale (GM). A sinistra: tracciato tipico per un soggetto sedentario. A destra: tracciato tipico per un ginnasta. Le linee punteggiate verticali corrispondono all'inizio dell'attività dei paraspinali, agonisti principali. Nel ginnasta bicipite femorale e gastrocnemio si attivano prima dei paraspinali; il movimento di estensione del tronco era molto più veloce; il baricentro corporeo si spostava meno che nei soggetti sedentari. B. Il test veniva ripetuto con i piedi in appoggio su un'asse larga appena 5 cm. In questa condizione la contrazione del gastrocnemio può comportare la flessione plantare e lo scivolamento del piede dalla base d'appoggio. I tracciati riportano l'attività elettromiografica tipica dal gastrocnemio mediale in un sedentario (a sinistra) e in un ginnasta (a destra), su base d'appoggio ampia (curve superiori, "control") e su base d'appoggio ristretta (curve inferiori con asterisco, "narrow support"). È evidente che soltanto il soggetto allenato è in grado di modificare l'attività del gastrocnemio, muscolo posturale, in funzione del mutato contesto meccanico (da A. Pedotti, 7, modificata). Calibrazioni orizzontali e verticali: rispettivamente 100 ms e 100  $\mu$ V.

### L'APPRENDIMENTO DI UN MOVIMENTO VOLONTARIO È ANCHE APPRENDIMENTO DI REAZIONI ANTICIPATORIE

La capacità di modificare in modo funzionale le attività anticipatorie è il risultato di un apprendimento che avviene, in grandissima parte, nei primi anni di vita (4). Sappiamo molto poco sugli intimi meccanismi di apprendimento, in età adulta, di attività motorie complesse come per esempio atti ginnici, ma è molto probabile che il perfezionamento di questi movimenti passi anche attraverso l'apprendimento di più efficienti strategie posturali. Si vedano, a questo proposito, i lavori cui fanno riferimento le figure 3 e 4. In movimenti poco usuali come iper-estendere il tronco (7) o abduire un arto inferiore (8) in stazione eretta sia ginnasti (7) sia danzatori (8) conservano l'equilibrio e l'assetto intracorporeo meglio che soggetti sedentari. E questo grazie all'instaurazione di un'attività posturale anticipatoria mancante nei soggetti di controllo. In più, l'allenamento comporta una migliore capacità di adattamento al restringimento della base di appoggio (7). Eseguire meglio un movimento volontario, dunque, vuole anche dire eseguire meglio la sua componente posturale.

### ESECUZIONE E POSTURA: IN PARALLELO O IN SEQUENZA?

Si pone a questo punto un importante problema concettuale, relativo alla struttura del progetto motorio volontario: la sua componente posturale nasce in parallelo all'idea "esecutiva", o è gerarchicamente subordinata a quest'ul-

tima? Visto che, come si è già detto, in molte condizioni patologiche sembra perduta proprio la coordinazione fra le due componenti, questa domanda ne implica un'altra: può esistere una patologia distinta delle due componenti, oppure il deficit è sempre, per definizione, unico? La fig.5 schematizza i due punti di vista (5). In realtà, sembra vi siano situazioni in cui entrambi i modelli trovano conferma.

Si supponga di dover sollevare un peso con le braccia, con il minimo ritardo possibile rispetto ad un segnale visivo o sonoro. Il peso verrà aumentato in prove successive. Sappiamo che l'attività esecutiva, per esempio quella dei bicipiti brachiali, è preceduta da un'attività posturale, per esempio quella dei tricipiti surali, che prudentemente portano indietro il nostro baricentro impedendo al peso di trascinarci in avanti con lui. Nelle prove successive, all'aumentare del peso resterà costante il ritardo con cui inizia l'attività dei tricipiti surali, mentre aumenterà il ritardo con cui iniziano a contrarsi i muscoli "esecutivi". In sostanza, il sollevamento non ha inizio finché il sistema corporeo non si è portato all'indietro abbastanza per poter contrastare la destabilizzazione prevedibile. Dunque, l'attività posturale è indipendente da quella esecutiva quanto basta per modificare i suoi rapporti temporali con quest'ultima, come previsto dal modello organizzativo in parallelo; d'altro canto, l'attività esecutiva sembra

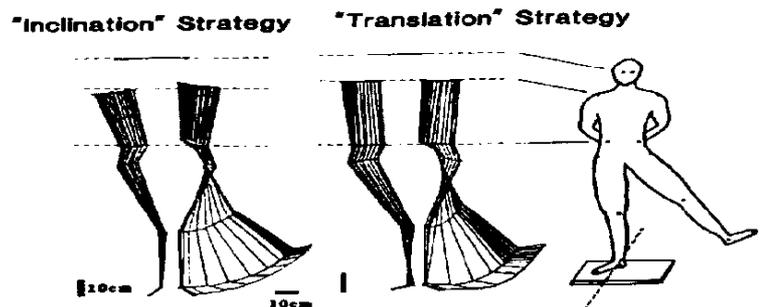
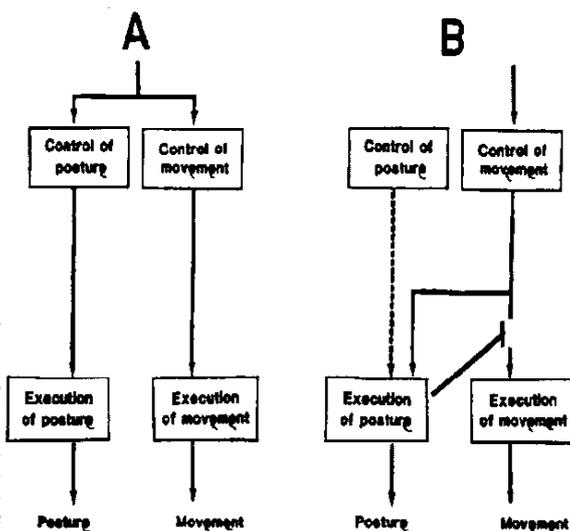


Fig. 4. Ancora una dimostrazione del fatto che l'allenamento può indurre la comparsa, in un movimento non abituale, di efficaci reazioni posturali altrimenti non presenti. Il test consisteva nell'abduzione di un arto inferiore, in stazione eretta, il più velocemente possibile (silhouette a destra) in risposta ad un segnale luminoso. Un sistema di analisi computerizzata della immagine televisiva (ELITE) registrava ed elaborava gli spostamenti di punti corporei di riferimento, producendo gli "stick diagrams" rappresentati. Quello di sinistra si riferisce ad un soggetto sedentario, quello di destra ad una danzatrice. Il soggetto sedentario inclinava l'intero sistema corporeo ("inclination" strategy) verso il lato in appoggio, ad eccezione della linea infraorbitaria che veniva mantenuta orizzontale grazie ad una contro-inclinazione del collo. La danzatrice, invece, riusciva a mantenere eretto anche il tronco, che veniva traslato in orizzontale ("translation" strategy) grazie ad una contro-rotazione anticipatoria sull'anca in appoggio. Il baricentro subiva così uno spostamento minore (da L. Mouchnino, 6, modificata).

Fig. 5. Due modelli alternativi sui rapporti fra attività "esecutiva" ed attività "posturale" nel contesto del movimento volontario. In A, controllo in parallelo: il progetto motorio prevede fin sul nascere l'attivazione dei muscoli "esecutivi" (o "focali", o agonisti principali), e l'attivazione di muscoli "posturali". In B, modello "gerarchico" o "sequenziale": l'attività posturale è collaterale a quella esecutiva. Il primo modello prevede la possibilità di ampie variazioni nei rapporti temporali fra le due attività, fino ad una loro completa indipendenza, ed anche la possibilità di alterazioni e terapie specifiche per ciascun tipo di controllo. Il secondo modello prevede che l'attività esecutiva non possa procedere se prima non procede secondo progetto anche l'attività posturale. In caso di patologia, il movimento non può che essere alterato nella sua globalità (esecuzione e postura). In realtà, vi sono osservazioni sperimentali a favore di ciascuno dei due modelli (da J Massion, 5, modificata).



do aver attendere il completamento di quella posturale, come previsto dal modello organizzativo gerarchico (5). La risposta alla nostra domanda iniziale, per ora è rimandata. Dobbiamo accontentarci della certezza (che non è poca) che esecuzione e postura sono due fenomeni concettualmente distinti, e non vincolati cronologicamente ("time-locked").

### PLASTICITÀ DEI MECCANISMI POSTURALI: UNA REGOLA GENERALE DELLA INTEGRAZIONE SENSITIVO-MOTORIA

Possiamo tentare di riassumere tutte le osservazioni, gli esempi e i protocolli sperimentali sopra citati in poche regole generali? E magari: in poche regole che ci dicano come avviene il controllo degli "adeguamenti" posturali al contesto meccanico? Il lettore curioso troverà interessanti proposte in una rassegna, non recentissima ma ancora attuale, che affronta da un punto di vista assai generale proprio il tema del "controllo del guadagno sensitivo-motorio" (8). Una "strategia di base dei sistemi motori", "dagli insetti agli esseri umani ad ogni livello dei loro rispettivi sistemi nervosi" è quella per cui "lo scopo di un atto motorio determina in modo critico la sua progettazione e la sua esecuzione" (8). Strettamente correlato è il concetto che "la natura della variabile da controllare è determinata dalla natura del segnale di ritorno" (8). In altri termini, le stesse informazioni in arrivo devono poter agire come esploratori i cui reso-

conti determinano via via quali informazioni ascoltare, e con quale "amplificazione" (il guadagno, in termini tecnici). La base dell'adattabilità delle reazioni posturali, dunque, sta nella capacità generale del sistema nervoso di selezionare, filtrare o amplificare le molte informazioni disponibili, a seconda delle intenzioni e delle aspettative: la stessa capacità che consente al sistema uditivo di "sintonizzarsi" soltanto sulla voce che ci interessa nel contesto di un rumoroso convegno.

La rassegna porta molti argomenti a favore dell'ipotesi secondo cui livello di base e guadagno dei riflessi da stiramento, così come del flusso di informazioni alla corteccia cerebrale e cerebellare, sono molto alti "in movimenti che rappresentano una novità o comportano difficoltà, esplorazione o apprendimento; in contesti che evocano vigilanza e attenzione generali: in alcuni disturbi motori". Mentre per movimenti prevedibili o di routine i "filtri nervosi sono regolati in modo da limitare la quantità totale di informazione trasmessa, di cui si selezionano tipi particolari". La "regolazione generale" dell'attività sensitivo-motoria (quali risposte motorie predisporre, e con che guadagno) ha trovato in Inglese il termine intraducibile di set sensitivo-motorio. "Un set sensitivo-motorio è uno stato in cui i parametri di trasmissione in varie vie sensitivo-motorie sono stati regolati in modo funzionale ad un particolare compito, o ad un particolare contesto". Tutti gli esempi sopra riportati di-

mostrano come il set cambi a seconda che si parli di movimento volontario o "reattivo"; all'interno di ciascun tipo di movimento, a seconda del contesto meccanico in cui prevediamo che avverrà il movimento stesso; indipendentemente dalle circostanze, a seconda dell'allenamento al gesto specifico ed a seconda del tipo e della gravità di eventuali deficit nei sistemi sensoriali o nelle strutture nervose che ne regolano "guadagno" e interazioni.

### PATOLOGIA DELLE INTERAZIONI ESECUZIONE-POSTURA: UN NUOVO CAMPO DI OSSERVAZIONE CLINICA

Una patologia che facilita lo studio delle interazioni esecuzione-postura, ed il ruolo di particolari vie e strutture nervose è quella cerebellare, proprio perché il cervelletto è il principale organo di elaborazione delle informazioni propriocettive. In questi pazienti sono spesso presenti gravi deficit nei movimenti "reattivi" (perdita di equilibrio in risposta a disturbi esterni) e nei movimenti lenti, controllati da un continuo feedback sensitivo (dismetria, disdiadococinesia). Tuttavia, già Babinski nel 1899 (1) aveva descritto anche deficit nella progettazione del movimento, ed in particolare nella costruzione di attività posturali anticipatorie. Egli descrisse come "asynergie cérébelleuse" il fenomeno costituito dal fatto che, nell'atto di flettere il tronco in avanti, il paziente non estende contemporaneamente le gambe rispetto ai piedi, in modo da portare all'indietro il bacino e da mantenere la proiezione del baricentro corporeo ben centrata sulla base d'appoggio.

Due recenti lavori (2,3) hanno utilizzato il paradigma sperimentale costituito dal movimento di "salire in punta di piedi" in risposta ad un segnale acustico. Si è già detto di come il movimento (si veda ancora la Fig.2) richieda l'intervento di molti muscoli posturali già prima che si attivino gli agonisti. Nella maggior parte dei casi analizzati l'attività anticipatoria e quella esecutiva iniziavano entrambe in ritardo, con intervalli reciproci aumentati e non correlati fra loro. Tutte le latenze presentavano variabilità aumentata fra una prova e l'altra. Gli Autori concludevano che "il cervelletto contribuisce a determinare ampiezza e durata delle attività preparatorie ed esecutive, e controlla i loro rapporti temporali" (2). Afferenze corrette e loro corretta ela-

borazione, dunque, sembrano requisiti indispensabili non soltanto per il controllo sensoriale di movimenti già iniziati, ma anche per la corretta progettazione della componente posturale dei movimenti volontari.

E' molto probabile che alterazioni nei rapporti fra attività anticipatoria ed esecutiva possano emergere da studi su molte altre patologie, se questi saranno ampi ed approfonditi come quelli finora svolti sulla patologia cerebellare. Comunque abbiamo già in mano una penetrante chiave di lettura dei disordini motori, costituita da osservazioni eseguibili il più delle volte anche in normali contesti clinici. Si vuol dire che un problema ben posto è un problema mezzo risolto. Metà del problema era identificare e descrivere il problema: la metà inesplorata, adesso, è come risolverlo. Se l'allenamento può perfezionare i meccanismi posturali nel soggetto sano è forse lecito attendersi che esercizi terapeutici mirati possano perfezionare meccanismi posturali deficitari: buon lavoro, dunque, ai riabilitatori.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Babinski J. De l'asynergie cérébelleuse. *Rév Neurol* 1899; 7: 806-816
- 2) Diener H-C, Dichgans J. Pathophysiology of cerebellar ataxia. *Mov Disord* 1992; 7,2: 95-109
- 3) Diener H-C, Dichgans J, Guschlbauer B, Bacher M, Rapp H, Klockgether T. The coordination of posture and voluntary movement in patients with cerebellar ataxia. *Mov Dis* 1992; 7, 1: 14-22
- 4) Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between central programs and afferent input. *Phys Rev* 1992; 72, 1: 33-69
- 5) Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progr Neurobiol* 1992; 38: 35-56
- 6) Mouchnino L, Aurenty R, Massion J, Pedotti A. Coordination between equilibrium and head-trunk orientation during leg movement: a new strategy built up by training. *J Neurophysiol* 1992; 67, 6: 1587-98
- 7) Pedotti A, Crenna P, Deat A, Frigo C, Massion J. Postural synergies in axial movements: short and long-term training. *Exp Brain Res* 1989; 74:3-10
- 8) Prochazka A. Sensorimotor gain control: a basic strategy of motor systems? *Progr Neurobiol* 1989; 33: 281-307
- 9) Redazionale. Charles E. Beevor: un neurologo, i muscoli e i movimenti *Ric Riabil* 1992;1:8-10
- 10) Redazionale. Facilitare la mobilità passiva per facilitare il movimento attivo *Ric Riabil* 1992 1: 3-6