

## C'ERA UNA VOLTA

### Nicholas Bernstein, Lenin e la psicomeccanica: quarant'anni di solitudine

di Luigi Tesio

Un destino leonardesco quello del grande fisiologo russo Nicholas Bernstein: il suo pensiero fu tanto precorritore ed eclettico quanto poco influente sui suoi contemporanei. Egli pubblicò gran parte delle sue opere in Russo negli anni fra il 1926 e il 1966, in quell'universo impermeabile che fu l'Unione Sovietica. E morì pochi mesi prima che vedesse la luce il libro che raccoglieva alcuni suoi saggi tradotti in Inglese. Finalmente accessibili al mondo intero, essi lo avrebbero reso famoso quando il tempo li aveva ormai spuntati dal punto di vista strettamente tecnico.

Io ho letto soltanto il famoso "The coordination and regulation of movements" (2) - già questo non facilmente reperibile - e faccio anticipatamente ammenda perché tenterò una sintesi del pensiero di Bernstein a partire soltanto da un'altra sintesi, la stessa che lui volle farne. Quanto ho letto mi ha convinto che il fascino delle idee di Bernstein

non deriva soltanto dalla loro non giovane età. In un volume di 190 pagine egli raccolse saggi prodotti fra il 1934 ed il 1962: sono articoli scritti in un linguaggio non facile, che alterna equazioni a considerazioni filosofiche, e che varia di tono e complessità per trattare qui di analisi del cammino, là di caratteristiche della grafia, altrove ancora di teoria della conoscenza. Il mio sforzo è stato premiato, però: credo di avere finalmente capito perché Bernstein sia citato indifferentemente da ingegneri e psicologi.

#### MONDO PSICHICO E MONDO MECCANICO: ALLA RICERCA DELL'UNITÀ PERDUTA

Bernstein è vissuto in un'epoca già dominata da una netta dicotomia, nell'ambito delle scienze fisiologiche, fra neuroscienze e meccanica. Ed all'interno delle neuroscienze già si andava delineando lo scisma fra psicologia e neurofisiologia.

Con un'originalità forse favorita dal suo isolamento Bernstein si lanciò proprio in un grande tentativo di visione unitaria del movimento: tentativo che lo portò dalla fisiologia alla soglia di elaborazioni filosofiche.

Nel suo libro troviamo riflessioni - fortemente in anticipo sui tempi - su scrittura, locomozione, parola, apprendimento motorio. Non occorre leggere i singoli lavori per capire quale originalità sia insita già nella scelta

dei temi. Bernstein viaggiava su un'altra linea di pensiero rispetto ai fisiologi di fenomeni più accettabilmente "unitari" quali riflessi, vie nervose, trasmissione sinaptica, meccanica muscolare.

I "movimenti" come li intendeva Bernstein erano proprio quelli che vede l'uomo della strada: il corpo che si muove nello spazio e nel tempo. E infatti Bernstein ne parla come di "oggetti a quattro dimensioni", ove la quarta è appunto il tempo. Ecco perché egli preferisce il termine "azione" a quello di "movimento". L'azione comprende non soltanto infiniti movimenti istantanei ma anche, inscindibilmente, una componente psichica. Quindi il suo interesse era rivolto sì allo studio della meccanica, ma nella misura in cui questa appariva la strada obbligata per risalire alle regole di controllo dei movimenti stessi, quelle regole che davano a un certo "tipo" di movimento la sua identità. In direzione inversa a quella percorsa da gran parte dei neurofisiologi suoi contemporanei, Bernstein cercava dunque di decifrare il controllo nervoso a partire dalle sue manifestazioni meccaniche finali.

#### IDEE, AZIONI, REALTÀ

Nelle azioni è riconoscibile un "engramma", una sorta di idea generale che trova nella singola esecuzione una manifestazione particolare: le azioni sono "ecforia di engrammi", il "portar fuori" nel mondo fisico un'idea. Percorrere un'el-

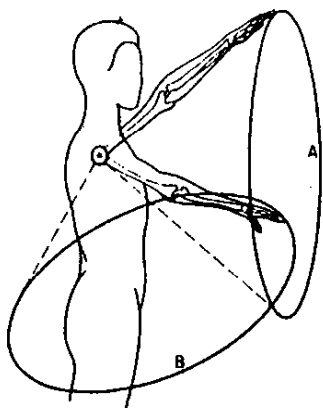


Fig. 10. "Movimenti circolari prodotti con l'arto superiore esteso in varie posizioni sono compiuti attraverso schemi innervativi completamente diversi, per traiettorie dello stesso identico tipo" (da Bernstein N, 1)

lisce con l'arto superiore, come nella fig 10, può richiedere muscoli molto diversi a seconda, per esempio, dell'orientamento dell'articolazione scapolo-omerale: ma l'ellisse resta un'ellisse. Pensiamo alla calligrafia: nessuna attività motoria è più variabile fra individui e più riproducibile nell'individuo. La scrittura è un buon esempio di come il cervello possieda "engrammi" motori definiti e costanti. Così come la lettura dimostra che esso, sul versante cognitivo, è capace di estrarre gli engrammi latenti al di sotto delle mille forme in cui si può presentare uno stesso simbolo (Fig 11).

Lo sviluppo di questa linea di pensiero portò Bernstein ad intuizioni davvero impressionanti per quanto precorsero i tempi. Vi furono ricercatori che predissero l'esistenza di pianeti, continenti, elementi chimici o particelle subatomiche, di cui arrivò una puntuale dimostrazione. Bernstein invece descrisse perfettamente la necessità di movimenti "anticipatori" dell'azione, necessari per contrastare la destabilizzazione che essa avrebbe indotto: le "reazioni posturali" che la fisiologia contemporanea sta rivalutando (8) gli apparivano perfettamente prevedibili sulla base di calcoli di meccanica, così come veniva dato per certo che strutture nervose ad hoc dovessero predisporre e modificarle a seconda del contesto meccanico contingente, e che queste strutture non dovrebbero essere confuse con quelle che elaborano l'engramma, cioè la progettazione generale. Per lui era

chiaro un concetto che a fatica si sta imponendo in Letteratura (9), e cioè che il tono muscolare non è una proprietà meccanica statica del singolo muscolo, bensì è "come un continuo adattamento fisiologico, una continua riorganizzazione della periferia.. una condizione di all'erta" (*readiness* nel testo originale). La "periferia motoria" (possiamo qui includervi anche l'insieme dell'attività motoria automatico-riflessa) serve a "garantire la selezione ottimale della conduzione (del comando volontario, n.d.t)". Bernstein aveva già scoperto il concetto di "set" preparatorio, concetto che è alla base della moderna fisiologia delle reazioni posturali: i riflessi non sono meccanismi stereotipi (9). Essi vengono selezionati, amplificati o inibiti a seconda del contesto meccanico in cui l'azione si dovrà svolgere (6,8,9). La periferia "decide gli effetti motori": ma l'engramma non varia. Il neurologo Jackson, 50 anni prima, aveva capito che il cervello conosce i movimenti, non i singoli muscoli (5). Bernstein va oltre: il cervello conosce le "azioni", non i movimenti. Tracciare la lettera "A" è un'azione che segue sempre un solo engramma: il quale però può richiedere molti -e variabili- movimenti. Basta provare a scrivere una lettera di dimensioni grandi invece che piccole. L'apprendimento motorio non è necessariamente apprendere l'engramma, ma può anche essere apprendere come realizzarlo in contesti differenti. Che cosa sia una "A" può essere già chiaro al sistema nervoso: ma provate (secondo il suo esempio preferito) quanto minor fatica costi scriverla su un foglio impugnando una penna invece che disegnarla su di un muro utiliz-

zando un lungo pennello fissato alla cintura.

### L'ENGRAMMA MOTORIO: UNA CHIAVE PER "MUOVERE" ALLA CONQUISTA DELLA REALTÀ

Che cosa dimostra che gli engrammi esistono? Non è soltanto la loro "invarianza" a dispetto delle variabili condizioni fisiche in cui si "ecforizzano", ma anche il fatto che le azioni sono programmabili -dunque, in qualche modo già esistono- in anticipo sulla realtà meccanica: come nel movimento volontario, che segue la ... volontà.

L'engramma non è determinato dalla realtà "periferica" ma anzi vi può intervenire attivamente. Così come è un'attività, e non ricezione passiva, la sensazione (altra intuizione che si rivelerà vincente). Si cercano certi stimoli e non altri; si provocano stimoli con il movimento (girare gli occhi, manipolare). E ancora: le afferenze sono filtrate (riconosco una voce in un convegno rumoroso); i segnali vengono interpretati: ascoltare non è semplicemente udire, guardare non è semplicemente vedere.

L'engramma appare a Bernstein ciò che rende la fisionomia dell'azione resistente alla variabilità che il mondo fisico le impone. Forte della sua identità l'azione appare qualche cosa che può muovere l'organismo alla conquista della variabile realtà, alla provocazione e poi al successivo controllo dell'instabilità. Quella sorta di programma "astratto" che lo governa, e che

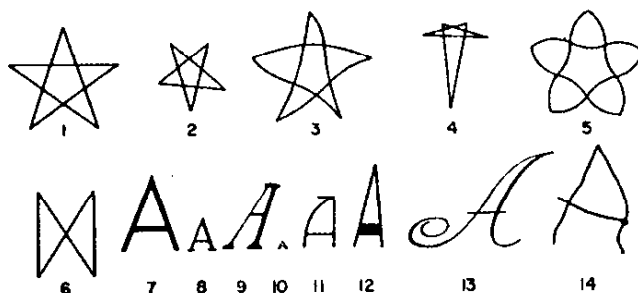


Fig. 2 Da 1 a 5: classe delle "stelle a cinque punte"; 6: classe "figura a 8 con quattro angoli"; 7-14: classe delle lettere "A". (Figura e didascalia - modificata - da Bernstein N, 1). L'identità di una certa classe è riconoscibile a dispetto della variabilità con cui essa si manifesta in singoli oggetti.

può nascere per conto suo nell'organismo, differenzia il movimento dell'essere vivente dal movimento robotico, che in un certo senso resta sempre passivo per quanto fedelmente esso possa mimare l'azione umana.

Una visione davvero originale, se si considera che in quell'epoca la fisiologia occidentale dedicava grande interesse allo studio dei meccanismi dell'omeostasi, del ritorno a condizioni basali tranquille e stabili.

### IDEA, AZIONE E MATERIALISMO SCIENTIFICO

Nell'Unione Sovietica della filosofia materialista Bernstein forse doveva provare un qualche imbarazzo nello scoprire immateriali e vitali "engrammi" alla guida di fenomeni meccanici. In un punto egli fa esplicita professione di fede nel Lenin che impone una rigorosa visione materialistica della conoscenza: la quale deve rimanere null'altro che lo specchio della realtà obiettiva. Eccolo poi dichiarare zelantemente di non voler cadere in "concezioni idealistiche sconfessate da tempo dalla vera scienza". Non esistono idee -né esiste dunque un individuo soltanto "psichico"- al di fuori della realtà fisica. Ma che fatica tenere a freno la linea di pensiero fisiologico cui egli stesso ha dato vita! Le afferenze portano informazioni di per sé "immateriali"? Immagini riflesse della realtà obiettiva, appunto. La prova? Se così non fosse l'evoluzione avrebbe spazzato via organismi incapaci di conoscere il "vero" mondo. E sia: ma allora proprio perché è un'immagine come quella l'immagine riflessa in uno specchio l'engramma è immateriale, astratto. Niente paura: esso si crea comunque attraverso l'azione, e viene corretto dalla prassi. Come dire: per carità, la realtà fisica ci vuole comunque.

Non sappiamo se Bernstein si sentisse inconsciamente colpevole di rischiose deviazioni dottrinarie, o se tentasse semplicemente di sopravvivere nell'Unione Sovietica di Stalin. Noi italiani possiamo comunque perdonarlo. Per restare tra i meccanici dalle nostre parti il sommo Galileo si firmava, nella presentazione del "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo", "umilissimo e devotissimo servo e vassallo" del Granduca di Toscana (4).

Lasciamo Bernstein ai suoi assilli filosofici, che vanno ben al di là del tema del controllo motorio, di cui già faticiamo a discutere. Accontentiamoci qui di scoprire l'utilità delle sue proposte ai fini dello sviluppo teorico della riabilitazione motoria.

### DIMMI COME TI MUOVI E TI DIRÒ CHE COSA PENSI

Nella sua concezione unitaria dell'azione, meccanica e psicologia sono l'una la manifestazione dell'altra. Ciò che oggi potremmo definire globalmente neurologia non ha un ruolo di protagonista, ma di tramite, di controllo e regolazione della esecuzione dell'ordine volontario, della "manifestazione" dell'engramma. Il movimento, dunque, può essere capito pienamente soltanto se i suoi aspetti psichici e nervosi vengono interpretati alla luce dei suoi aspetti meccanici, che ne sono il vero fine. Non bisogna temere di osservare il movimento nella sua globalità, né bisogna stancarsi di trovare regole generali semplici al di sotto della sua complessità e della sua variabilità. Alcuni esempi? La plasticità dei "riflessi" e la necessità di reazioni inconse (ma dovremmo dire pre-azioni?) automatiche che precedessero il movimento volontario furono descritte con grande nitidezza da Bernstein sulla base di pure considerazioni meccaniche. La ricerca successiva non solo evidenziò -con tecniche neurofisiologiche sofisticate- gli intimi meccanismi nervosi di queste reazioni e del loro apprendimento ma dimostrò anche che scarsa adattabilità dei riflessi e ritardi nell'attività preparatoria sono manifestazioni primarie di diverse patologie neuromotorie (8).

Io credo che questa visione del movimento, da un lato funzionale e unitaria e dall'altro saldamente ancorata ad una logica sperimentale e quantitativa, possa e debba caratterizzare il riabilitatore motorio rispetto a specialisti che incontrano le funzioni motorie nell'ambito di competenze d'organo. La fisiologia del movimento, in fondo, offre ormai ai riabilitatori molti spunti di ricerca in qualche misura bersteiniani.

Perché muovere ritmicamente mano e piede omolaterali in verso opposto è più difficile che muoverli

nello stesso verso (1) ed è quasi impossibile nell'emisoma "sano" nelle emiplegie? Perché la rotazione del tronco -ma non del capo- verso il lato sinistro può temporaneamente risvegliare il paziente con emiparesi sinistra dalla misteriosa indifferenza (il cosiddetto "neglect") verso ciò che avviene alla sua sinistra (7)? Come è possibile capire se il soggetto stia compiendo uno sforzo volontario veramente massimale analizzando soltanto la forza che egli produce (10)? Come è possibile che sforzi puramente mentali riescano a produrre aumenti di forza simili a quelli prodotti da un allenamento fisico (11)? Come facciamo a sapere in qualsiasi momento dove si trova il baricentro corporeo, visto che esso è un punto puramente virtuale? Sta di fatto che i nostri riflessi cambiano in continuazione per mantenerlo proiettato all'interno della base di appoggio (6), come se ne sentissero in ogni istante l'esatta localizzazione. Sta di fatto che i movimenti locomotori delle nostre gambe, normali o alterati che siano, sembrano fatti apposta per trasportare il baricentro corporeo con la massima economia (12). Cito queste domande sperimentali perché le ho personalmente incontrate nel lavoro o negli studi, ma mille altre ne verranno in mente ai lettori.

Da tutte trapelerà la convinzione, più o meno conscia, del ricercatore che le ha poste: la fisiologia e la clinica del movimento umano devono esplorare anche il territorio della psicologia, ma vi si perderanno senza il sostegno e la guida della meccanica.

### BIBLIOGRAFIA

- 1) Baldissera F, Cavallari P, Tesio L. Coordination of cyclic coupled movements of hand and foot in normal subjects and on the healthy side of hemiplegic subjects. In press in: Swinner SP, Heuer H, Massion J, Casaer P (eds): Interlimb coordination: neural, dynamical and cognitive constraints. 1993, Academic Press, Orlando USA
- 2) Bernstein N The co-ordination and regulation of movements 1967 Pergamon Press, Oxford
- 3) Cavagna G, Thys H, Zamboni A. The sources of external work in level walking and running. J Physiol 1976; 262:639-657
- 4) Galilei G. Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (Firenze 1630). 1970, Giulio Einaudi Editore, Torino, pag.5

- 5) Jackson JH. Relations of different divisions of the central nervous system to one another and to parts of the body. Lecture at the Neurological Society, December 8, 1897. Lancet January 8 1898. In: Taylor J (Ed): Selected writings of John Hughlings Jackson, Volume 2, Hodder and Stoughton Ltd, London 1932, pp.422-443
- 6) Hortsman GA, Dietz V. A basic control mechanism: the stabilization of the centre of gravity. EEG Clin Neurophysiol 1990;76:165-176
- 7) Karnath HO, Schenkel P, Fischer B. Trunk orientation as the determining factor of the "contralateral" deficit in the neglect syndrome and as the physical anchor of the internal representation of body orientation in space. Brain 1991;114:1997-201-4
- 8) Redazionale. Componenti esecutive e componenti posturali del movimento volontario: verso una visione unitaria. Ric Riabil 1992;2:2-7
- 9) Redazionale. Riflesso non è stereotipia: i servomeccanismi spinali si adeguano alle intenzioni ed alle previsioni motorie. Ric Riabil 1992; 2:7-10
- 10) Rutherford OM, Jones DA, Newham D. Clinical and experimental application of the percutaneous twitch superimposition technique for the study of human muscle activation. J Neurol Neurosurg Psych 1986;49:1288-1291
- 11) Yue G, Cole KJ. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. J Neurophysiol 1992; 67,5:1114-1123
- 12) Tesio L, Roi GS, Möller F. Pathological gaits: inefficiency is not a rule. Clin Biomech 1991;6:47-50