

## BERNSTEIN E DINTORNI.....

Il fenomeno movimento è sempre stato motivo d'interesse per le menti più sensibili degli umani in ogni epoca, lo dimostrano i graffiti trovati nelle caverne e risalenti a migliaia d'anni fa. Il mondo filosofico prima e quello scientifico dopo, hanno a lungo indagato su questo fenomeno con approcci differenti ottenendo buoni risultati, anche se non esaustivi delle innumerevoli problematiche che il movimento presenta. La storia dello studio del movimento umano e animale di cui si ha ricordo nel mondo occidentale inizia con Aristotele, un filosofo vissuto nel periodo che va dal 384 al 322 a.C. Egli, tenendo ferma l'immanenza del tempo, interpretò il moto come un evento indipendente dalla sostanza, dal corpo, dall'oggetto, elevandolo a motivo d'interesse. Il tempo e lo spazio sono, per Aristotele, quelli descritti dal matematico greco Euclide vissuto intorno al 300 a.C. Delle problematiche del movimento, egli ha cercato di scoprirne le intrinseche essenze e le ragioni che lo producono e causa di quest'impostazione, si può dire che abbia considerato il moto come evento oggettivo, indipendente dall'osservatore, in un inquadramento categoriale spazio-temporale che rende legittima ogni ricerca sulla sua consistenza e sulla relazione che può avere con altri eventi. Una scelta, pertanto, che come si vedrà, avrà conseguenze che caratterizzeranno il futuro percorso della speculazione umana sul movimento.

Egli affermava che "tutto ciò che si muove è mosso da qualcosa e poiché il mondo è finito, dovrà esistere qualcosa d'immobile con il compito di muovere tutto ciò che si muove". Un'impostazione categoriale per cui il moto risulta essere un effetto, o conseguenza, dell'intervento di forze che agiscono sugli oggetti, spostandoli da una situazione di equilibrio ad un'altra. Nel suo trattato *de motu animalium* ed in particolare nella parte riguardante la locomozione umana, Aristotele si orienta verso una determinazione quantitativa di questa percezione oggettivizzata definita movimento, mettendone in rilievo non soltanto l'autonomia, come espressione dell'individualità animale, ma assegnandole anche una consistenza logica. Una scelta, le cui conseguenze saranno molto importanti per quanto andranno a determinare sui successivi indirizzi della riflessione umana su questo fenomeno. Infatti, rappresentare il manifestarsi di una successione di altri fenomeni ad esso collegati da cause o forze non precisate, individuabili perché descrivibili con lo strumento logico, dato che sono entità che agiscono razionalmente, porta a considerare Aristotele l'iniziatore del filone meccanicistico (scientifico) degli studi sul movimento degli esseri viventi.

Aristotele, in occidente, risulta dunque essere l'iniziatore di una scelta analitica nello studio del movimento umano ed animale fondamentalmente quantitativa, che non solo proietterà le proprie conseguenze fino ai nostri giorni, ma addirittura anticipa uno dei fondamenti della fisica classica, quello di azione e reazione, quando descrive alcune sue osservazioni sul ruolo delle cosiddette forze di reazione del terreno, che giocano nella progressione del moto durante l'attuazione della camminata e della corsa. Cercando di rispondere alla domanda come si muovono gli esseri viventi, egli dà il via alla speculazione scientifica sull'attività motoria e diventa il fondatore del filone di ricerca sul moto, che trova nella biomeccanica moderna le acquisizioni più eccelse.

L'impostazione aristotelica nell'inquadramento del fenomeno che la sensibilità umana percepisce come moto, trova una coerente seppur diversificata continuità per quasi duemila anni che si esplicita negli studi e nelle riflessioni d'eminenti figure. Due sono le posizioni che dopo Aristotele si sono contraddistinte nello studio del movimento:

- la prima risalente al filosofo e medico Abu Ibn Sina, vissuto nel periodo che va dal 980 al 1037, noto in Occidente come Avicenna, che considera il fenomeno motorio nella prospettiva indicata da Aristotele, con il fine però di ricercarne gli effetti, le conseguenze, sull'essere umano e sull'animale;
- la seconda invece, in direzione meccanicistica perfettamente aderente all'impostazione aristotelica, sostenuta da Leonardo da Vinci vissuto nel periodo che va dal 1452 al 1519.

La prima si espande nel mondo islamico, mentre la seconda non trova un particolare interesse da parte dei filosofi nel mondo occidentale prima del periodo rinascimentale, se non in sporadici accenni d'alcuni maestri della scolastica, impegnati nell'interpretazione del pensiero aristotelico alla luce della dottrina cristiana.

Nel Rinascimento, con il fiorire della matematica greca, il problema del moto secondo l'impostazione aristotelica trova un rinnovato interesse da parte degli studiosi, tra i quali come si è già accennato campeggia la figura di Leonardo da Vinci che, oltre ad essere un gran pittore, è anche un valente ingegnere. Egli, per aiutare gli studiosi di pittura a conseguire accurate rappresentazioni delle deambulazioni umane, in un trattato scrive “..è impossibile, per qualsiasi memoria, ritenere tutti gli aspetti e tutti i cambiamenti delle parti del corpo in cambiamento..” suggerendo di produrre i disegni della stessa figura in posizioni progressive, anticipando le immagini in successione della moderna fotografia. Sempre in questo trattato, pone dei postulati come: “.. il movimento si crea distruggendo l'equilibrio....., le cose si muovono tanto più rapidamente, quanto più sono distanti dallo stato d'equilibrio....., la parte di un corpo che si trova sopra l'arto che in quell'istante lo sostiene, deve sempre essere più bassa dell'altra parte ....., la figura è di tanto più inclinata verso l'avanti, di quanto più rapida sia la corsa”. Questi pensieri di Leonardo da Vinci, sia pur riportati succintamente, fanno capire come in quel periodo gli studi sul movimento siano stati particolarmente indirizzati verso la meccanica.

Subito dopo, con Giovanni Alfonso Borelli, nato a Napoli il 28 gennaio 1608 e morto a Roma il 31 Dicembre 1679 nasce la biomeccanica. Egli, in sintonia con Aristotele, pubblica un testo con lo stesso titolo di quello redatto da Aristotele (**de motu animalium**) che, a causa del grande interesse riportato, l'insegnamento della meccanica è istituito per la prima volta in un Ateneo nelle scienze mediche. Con questo studioso l'idea, grossolanamente enunciata da Aristotele e perfezionata da Leonardo da Vinci, di considerare il movimento umano ed animale come un sistema articolato di segmenti mossi da forze, trova una formulazione precisa, puntuale, articolata, delle leggi della meccanica, sviluppate nel frattempo da I. Newton (1642-1727), da far considerare il suo autore come il fondatore della moderna biomeccanica.

Il confronto fra gli studi di Aristotele e di Borelli, consente di constatare come il percorso della speculazione umana nel corso dei duemila anni che separano i loro lavori, non si discostano dall'impostazione quantitativa originariamente suggerita dall'epistème greca e fatta propria da Aristotele e Leonardo. La produzione tecnologica, che è l'essenza della civilizzazione europea e che ha permesso alle nazioni d'Europa di dominare il mondo, deriva da questi studi che hanno originato il desiderio di riprodurre tecnologicamente il movimento umano ed animale. Un desiderio talmente sentito, che gli studi sul fenomeno, nel successivo periodo, sono esclusivamente in questa direzione.

Gli automi, conseguenza dell'impulso che ha avuto la tecnologia dal particolare orientamento degli studi scientifici in questo periodo, potenzialmente ipotizzati dall'epistème greca di Aristotele per quantificare l'intuizione dell'artista primigenio, vengono a realizzarsi concretamente per i lavori di Leonardo da Vinci e Giovanni Alfonso Borelli. L'interpretazione meccanicistica del movimento umano avanzata da Borelli ed il diffondersi delle realizzazioni tecnologiche di automi o di artificiose macchine, come titolava A. Romelli in una pubblicazione del 1588, fa nascere una branca della medicina e più precisamente della fisiologia che prende il nome di Biomeccanica Una disciplina che ha lo scopo di descrivere il funzionamento degli organismi viventi secondo categorizzazioni esclusivamente quantitative, aderenti alla prospettiva suggerita da G. Galilei, che portano ad intendere gli organismi viventi come insiemi di parti collegate le une alle altre tramite entità chiamate forze, generatrici di effetti di cui si possono e si devono misurare quantitativamente i valori.

Inizia e si prolunga così il periodo degli automi che, simulando il moto umano ed animale e usando le leggi della meccanica che Newton aveva completato, contribuirono fortemente al diffondersi della convinzione che il concetto di movimento fosse di un insieme di parti articolate, le une con le altre, e soggette alle forze della natura. Un concetto, quello della forza, sfuggente, astruso, non corrispondente ad un oggetto, riscontrabile solo per i suoi effetti, importante nell'idea meccanicistica del movimento, che si afferma però nell'ambito della civilizzazione occidentale.

Rimanendo il concetto di forza, nel fenomeno movimento, tanto essenziale quanto sfuggente e dipendendo la sua esistenza da un'altra entità che la generi e la trasmetta, la preoccupazione dominante della speculazione scientifica, dopo Borelli, è quella di indagare più a fondo sulla natura delle forze. Una preoccupazione che troverà una prima grande sistemazione nell'opera di Cartesio.

René Descartes, conosciuto come Cartesio, nasce a La Haye in Turenna il 31 Marzo 1596. Si può sostenere che egli centra la sua riflessione sull'entità che genera il movimento degli esseri viventi: la forza. Egli si propone di dare un'esauriente spiegazione al perché la macchina umana si muova nel modo descritto dalle leggi della meccanica. Questa riflessione cartesiana si svincola dalla scienza aristotelica e galileiana, in altre parole dalla prospettiva quantitativa, recupera al ragionamento anche aspetti qualitativi della realtà che le dispute scolastiche d'Occam e Oresme avevano contribuito ad escludere. Egli è convinto che nella trattazione degli esseri viventi, il movimento non può essere esaurientemente descritto ed interpretato senza il ricorso al metodo induttivo, perché la forza che supporta il movimento è di una natura che sfugge al diretto rilevamento quantitativo dell'uomo. Egli afferma che nell'uomo coesistono due realtà: una materiale, dotata di attributi quantificabili ed esaurientemente descrivibili tramite i parametri galileiani e newtoniani; l'altra spirituale, dotata di attributi qualificabili come la razionalità e l'intenzionalità.

La ripartizione della realtà biologica in materiale e spirituale, alla quale non è estranea la formazione gesuitica di Cartesio, se da un lato facilita una spiegazione intuitiva del movimento volontario, dall'altro introduce un dualismo nello studio di questo fenomeno fino allora evitato. Un dualismo che non tarderà a trasformarsi in una contrapposizione di devastanti conseguenze sulla finalizzazione del movimento umano a mera riproduzione tecnologica. Operando una distinzione tra mondo animato ed inanimato, quest'approccio pone le basi per una nuova scienza, indipendente dalla fisica poiché considera anche l'entità anima (il pensiero). Essa diviene pertanto la referente fondamentale per mezzo di una disciplina d'orientamento prettamente qualitativo: la Psicologia.

Cartesio ritiene che la scienza dell'anima, in altre parole la psicologia, costituisca un sapere peculiare dell'uomo. Questo, perché possedendo un pensiero e conseguentemente una coscienza, è un essere vivente in grado di rivelarsi anche attraverso il comportamento motorio volontario, mentre gli altri, non possedendolo, nel movimento possono esprimere solo un comportamento esclusivamente meccanico. Un concetto che negando il possesso di un'anima negli esseri viventi diversi dall'uomo, porta Cartesio a formulare per primo, nel corso della speculazione umana su questo fenomeno, l'idea del riflesso come spiegazione meccanica dei comportamenti complessi del movimento animale ed ampiamente descritti in termini quantitativi da Borelli.

L'intuizione cartesiana del riflesso, come risposta dell'essere vivente a sollecitazioni provenienti dall'ambiente, avrà un ampio sviluppo nei successivi studi fisiologici fino ai nostri giorni ed è rimasta tale anche dopo la pubblicazione degli studi di Bernstein nel 1957. Le spiegazioni riflessologiche di Sherrington e di Pavlov dell'attività motoria umana elaborate nei primi anni del ventesimo secolo, costituiscono il referente di tutta la pedagogia dell'Educazione fisica e dello Sport attuali che, pertanto, possono essere definite pedagogie d'impronta cartesiana.

Il pensiero di Borelli, che indica nella meccanica il fondamento per la spiegazione fisiologica dell'uomo e dunque anche del suo rendimento, è ridimensionato da Cartesio poiché quest'ultimo sostiene che una fisiologia che non tenga conto della psicologia resta una conoscenza parziale e, dal punto di vista dell'attività motoria volontaria umana, una conoscenza esclusivamente pratica. La conoscenza psicologica invece, sostenuta dal metodo induttivo e razionale, non necessita della prassi, ma soltanto della dimostrazione logica. Assegnando al sistema nervoso, custode dell'anima, una posizione gerarchica ben distinta dalle altre, avanza l'idea che il corpo umano, soggetto alle leggi della meccanica, le applica in modo imprevedibile. Questo, perché comandato dall'anima che è entità astratta perciò imperscrutabile anche se razionale.

Spostando l'interesse sul movimento dal **come** al **perché** si può sostenere che Cartesio abbia:

- attuato una rottura nella tradizionale impostazione fornita dall'episteme greca;
- operato una ripartizione netta del fenomeno, assegnando al corpo il compito di eseguire i comandi che la mente origina;

- fornito una interpretazione dell'attività motoria, dove risulta che questo fenomeno sia effetto;
- introduca all'anticipazione come conseguenza della predisposizione di un programma o comando della mente da inviare al corpo per eseguire un movimento volontario e non riflesso;
- indicato che mentre il movimento volontario può essere continuamente perfezionato, quello riflesso è dato una volta per tutte.

Nei secoli a seguire e fino ai nostri giorni, la prassi di chi si è occupato di movimento, a qualsiasi titolo, è sempre stata informata alla concezione cartesiana, nonostante gli studi di Bernstein cui si è data diffusione parziale nel 1956.

Attualmente, nei confronti delle modificazioni permanenti che si osservano determinarsi nei comportamenti motori quando un soggetto ripete la medesima esercitazione e che portano a pensare ad un avvenuto apprendimento, esistono ipotesi completamente differenti dall'idea cartesiana di *homunculus* posti nella nostra testa per assolvere funzioni quali quelle di decidere i programmi da recuperare dalla memoria, come ordinarli, unirli ed attivarli per soddisfare quanto richiede l'obiettivo che l'individuo intende raggiungere con quel comportamento. I modelli di studio del movimento negli ultimi cento anni derivano principalmente da ricerche di psicologia nel campo delle neuro scienze. Tralasciando di prendere in considerazione lo strutturalismo, la Gestalt, la psicoanalisi, anche se quest'ultima con i dati oggettivi delle più recenti indagini sul funzionamento del cervello delle neuroscienze sembra tornare in auge, in ordine temporale le più importanti scuole che si sono occupate di movimento, sono:

- la scuola comportamentista;
- la scuola cognitivista;
- la scuola ecologica.

La scuola comportamentista ha visto il suo sviluppo in cinquant'anni e precisamente dal 1900 al 1950 con gli americani Thorndike, Watson, Hull, Tolman, Skinner e Pavlov nell'URSS. Essa non ritenendo obiettivamente verificabili i fenomeni neurofisiologici ed emotivi che sottendono il movimento, ritiene che solo una rigorosa verifica di quanto sia osservabile e confrontabile possa essere la via da percorrere per conoscerlo. Conseguentemente si occupa delle modalità con cui si determina un movimento e non cerca risposte alla domanda **come**, ma solo all'interrogativo **cosa**. Ne sono un esempio, gli esperimenti sui movimenti condizionati di Pavlov.

Al modello comportamentista gli succede e si sostituisce in gran parte negli anni sessanta, la scuola cognitivista che deriva da studi della psicologia cognitivista e di neuropsicofisiologia. I più conosciuti rappresentanti sono Anochin, Bernstein, Luria, Piaget, Adams, Bartlett, Keele, Miller, Neisser. Per i cognitivisti è importante capire le modalità interne d'organizzazione, produzione e regolarizzazione di come si determina il movimento. Per loro è importante ricercare e valutare i processi che il sistema nervoso mette in atto per realizzarlo, cioè le funzioni, che chiama cognitive, della memoria, del linguaggio, dell'attenzione, della percezione, dell'orientamento spazio-temporale, dei tempi di reazione, delle abilità motorie, etc. Per la scuola cognitivista dunque fra il momento dello stato di necessità da soddisfare e la risposta, nel SNC avvengono processi di elaborazione il cui scopo è la preparazione della risposta, la regolazione e la correzione nella fase esecutiva.

Negli anni settanta ha origine il pensiero ecologico ed i suoi maggiori esponenti sono Gibson, Turvey, Kugler, Kelso, e per quanto riguarda l'applicazione di questa teoria nella rieducazione l'italiano Grimaldi. Il modello ecologico si basa sull'osservazione che:

- il SNC dovrebbe pensare dettagliatamente a troppe cose;
- la memoria del SNC, pur enorme, risulta limitata per intervenire sui singoli muscoli.

Conseguentemente per la scuola ecologica:

- il SNC usa il riflesso per realizzare i movimenti e la soglia di stiramento del muscolo è indipendente dai comandi centrali che vanno ai motoneuroni alfa e gamma;
- esiste un punto di equilibrio (equilibrium point) nei vari gruppi muscolari che dipende dallo spazio articolare realizzato nel corso del movimento e dal grado di tensione presente a livello dei diversi muscoli;

- vi sono diverse soglie di attivazione nel muscolo, che è visto come una molla, dove un primo allungamento può semplicemente deformarlo senza che esso reagisca e un secondo invece che provoca il riflesso fusoriale, cioè una contrazione fasica e quindi di breve durata, e un terzo allungamento che provoca una maggior resistenza definita riflesso di allungamento tonico (tonic stretch reflex);
- l'architettura neurale del SNC possiede a livello spinale tutte le dettagliate conoscenze per rendere possibile l'esplicazione delle variabili cinetiche muscolari;
- le afferenze cognitive sono da interpretarsi non come fattori fondamentali del movimento, bensì solo come elementi che lo facilitano.

Ipotesi dunque differenti anche da teorie e metodologie, sempre ascientifiche, nate in tempi successivi e ancora usate, ad esempio quella Ljsekiana o quella recente di paragonare il modo di operare del S.N.C. a quelle di un computer digitale.

La scoperta di alcuni modi con cui le cellule nervose, cioè i neuroni, si comportano, hanno confermato che diverse strutture convenientemente sollecitate con esercitazioni mirate consentono all'individuo di dar vita ad un gran numero di pattern motori specifici. L'idea che informa le attuali ricerche è quella di indagare su modalità usate dal S.N.C. per controllare i tanti gradi di libertà goduti delle varie strutture partecipanti, in altre parole com'egli risolve le problematiche derivanti dalla necessità di computare un immenso numero di variabili, in sintesi di trovare una risposta scientifica al *Bernstejn problem*.

I modelli *equilibrium point* (punto d'equilibrio) di Bizzi, Feldman, Latash, cito solo qualcuno dei vari ricercatori che si sono occupati o ancora si occupano di questi modelli, con lo scopo di ridimensionare la responsabilità esecutiva del S.N.C. nel compito computazionale, hanno come base comune di considerare il comportamento dei muscoli, in combinazione con i circuiti spinali, come a particolari molle od elastici che hanno la potenzialità di cambiare la taratura, in altre parole il loro tono, per portare un segmento ad un certo punto d'equilibrio. Modelli affascinanti perché ipotizzando che il segmento sia attratto al punto d'equilibrio dal compito motorio, malgrado vi siano disturbi o condizioni iniziali diverse, sembrerebbero suggerire come l'individuo raggiunge la coordinazione motoria. Un termine questo, che normalmente è usato per giustificare superficialmente l'aspetto esterno del movimento, ma che scientificamente si riferisce al risultato di un evento ottenuto da strutture diverse, che si determina a causa di una relazione appropriata fra parti costitutive che si definiscono su scale multiple di spazio e di tempo differenti (**10 al quadrato per le articolazioni, 10 al cubo per i muscoli, 10 alla quattordicesima per le cellule**).

Le modalità con cui possono essere ottenute queste relazioni sono due e precisamente:

- quella di tipo programmatico, dove si prefigura che ogni parte si comporti con una modalità ben definita e riceva istruzioni dall'esterno;
- quella di tipo auto-organizzativo, dove le parti non ricevono istruzioni dall'esterno ed il tutto avviene come conseguenza di un loro adattamento per raggiungere una finalità comune.

Nella seconda, cioè l'autorganizzazione che è quella attualmente seguita, le strutture neurali centrali, cioè il sistema di controllo motorio, è considerato continuamente fluttuante (*non equilibrium*) perché nonostante la posizione spaziale iniziale del soggetto e le condizioni esterne siano fedelmente riprodotte nelle prove esercitative e dall'esterno non si notino effetti, risulta impossibile, anche teoricamente, stabilire quali siano le condizioni interne iniziali del soggetto.

Una considerazione, questa, importante poiché non essendo possibile riprodurre le condizioni iniziali interne dell'individuo, la conclusione da trarre è che le traiettorie scelte dal sistema di controllo per uno stato finale d'equilibrio definito dal compito motorio (attrattore) non potranno mai essere uguali (differenti traiettorie esterne a livello del corpo e degli arti). E' pertanto evidente che nel S.N.C. non può esistere alcun programma motorio e che una volta definito il compito motorio, è il sistema di controllo che porta il segmento a raggiungere lo stato finale.

Se si considera una coppia di muscoli antagonisti agenti su un'articolazione, il loro controllo è descritto da Feldman, nel suo modello, come una coppia di variabili corrispondenti ai valori  $\lambda$  per i due muscoli, cioè alla lunghezza muscolare dove inizia il reclutamento autogenico dei motoneuroni *alfa* in uno stiramento muscolare lento e corrispondente alla soglia del riflesso da stiramento tonico (*tonic stretch reflex*) di ognuno. Un modo di operare, in cui l'impiego delle funzioni temporali da parte delle variabili, suggerisce una qualche relazione con il concetto di programma motorio. Un sospetto, questo, che allontanerebbe questo modello dall'ottica autorganizzativa.

A dissipare tale sospetto sono le ricerche di Latash che, oltre a rilevare come le variabili del  $\lambda$  dei muscoli agonista e antagonista definiscono solo la traiettoria di un attrattore, in pratica di un compito motorio, precisa anche come i passaggi da uno stato ad un altro si determinano sicuramente secondo le regole della dinamica non lineare. Una precisazione che chiarisce come queste funzioni, non codificando direttamente proprietà del movimento, non possono avere alcuna relazione con ciò che s'intende per comandi motori.

L'autorganizzazione delle funzioni, svolta da strutture senza alcuna influenza di carattere ordinativo proveniente dall'esterno e nessun *homunculus* esecutivo all'interno, trova giustificazione nel fatto che esperienze motorie individuali attivino nei soggetti cambiamenti delle forze sinaptiche con cui i neuroni si collegano fra loro, formando nuove mappe e nuovi circuiti neurali. Una modalità operativa consentita dalla potenzialità plastica della materia nervosa che consente il collegamento e lo scollamento dei neuroni fra di loro e conseguentemente la formazione di nuovi circuiti neurali. Una visione dell'architettura delle reti neurali del S.N.C. dove, conoscenza e processi d'apprendimento non sono strutture, ma prodotti delle dinamiche non lineari con cui operano le strutture coinvolte.

Una strada questa, che la ricerca attualmente percorre per cercare esaustive risposte al *Bernstejn problem*, che si può riassumere in tre punti:

- non esiste e non può esistere una relazione consequenziale e lineare tra gli impulsi centrali ed i movimenti dei segmenti periferici del corpo;
- la relazione tra impulso e movimento è tanto più lontana da una relazione consequenziale e lineare, di quanto più complesse sono le catene cinematiche, cioè il numero di segmenti ed il tipo dei collegamenti impegnati nel movimento;
- i movimenti sono possibili soltanto quando vi sia il più accurato ed ininterrotto accordo, non prevedibile in anticipo, tra gli impulsi centrali e gli eventi che accadono alla periferia del corpo (esterni al soggetto), ed essi sono frequentemente e quantitativamente meno dipendenti dagli impulsi centrali che dal campo delle forze esterne.

Una via dunque che ammorbidisce la diafrasi fra visione programmatica e auto-organizzativa, all'inizio molto accesa, dato che il termine autorganizzazione non esclude che ci sia qualche meccanismo strutturale o mezzo neurale come base fisica o biologica di questi fenomeni. Strutture biologiche pertanto che collaborano per leggi incorporate nell'architettura neurale, per raggiungere una finalità comune. Un esempio di queste leggi di coordinazione, potrebbe essere la grandezza principale (*size principle*) nel reclutamento delle unità motorie di Henneman ed altri (1965). Questo, perché sarebbe sempre l'architettura neurale a fare in modo che i segnali discendenti esercitino un controllo monoparametrico (soglia del riflesso da stiramento tonico) per l'ipotesi del punto d'equilibrio del modello  $\lambda$ .

Tutte queste ricerche cercano una teoria che indichi **dove e come** potrebbe avvenire la memorizzazione nell'architettura neurale. Sicuramente l'apprendimento non può dipendere dal *trial and error* (prova ed errore), né tantomeno dalla capacità di seguire coscientemente le istruzioni o imitando un modello d'esecuzione che può anche essere proposto dall'allenatore. Quello che è certo è che se l'architettura si modifica per soddisfare richieste provenienti da carichi inerziali esterni, seguirà dei principi peculiari e se le reti neurali non sono obbligate a preoccuparsi di adattare la grandezza e il calcolo del tempo (*timing*) dell'attivazione di singoli muscoli affinché emergano *torque* articolari in funzione del tempo

appropriati, è probabile che la modificazione dell'architettura neurale (l'apprendimento) si determini con differenti modi.

La domanda attuale di chi si occupa di modelli *equilibrium point* è se la perturbazione abbia un ruolo nel determinare processi d'apprendimento. Questo, perché perturbare significa attentare alla stabilità di un'esecuzione e porre il sistema nella condizione di provvedervi per quanto possibile. I modelli del punto d'equilibrio si occupano della proprietà di stabilità dei segmenti corporei durante la postura e il movimento, il dibattito, all'interno delle diverse ipotesi, verte su quale ipotesi sia la più idonea ad assicurare stabilità attuale a fronte d'effetti perturbanti. A tale proposito Bizzi, Hogan, Mussa-Ivaldi e Giszter affermano che la stabilità ha sicuramente un'influenza sulle problematiche del controllo e dell'apprendimento motorio.

Sul n. 10. anno II, luglio agosto 2004 della rivista di psicologia e neuroscienze "**mente & cervello**" compare un articolo a firma del ricercatore Silvio Ferraresi dal titolo **La creazione dei ricordi** con seguente sottotitolo: **A un secolo di distanza l'uno dall'altro, il padre della psicoanalisi, Sigmund Freud, e un neuroscienziato di oggi, il Nobel Gerard Edelman, hanno proposto due teorie della mente che presentano profonde analogie.** In questo articolo riporta una dichiarazione di Giulio Tononi, per anni collaboratore di Edelman "il destino delle spiegazioni istruzioniste sia di rivelarsi errate e di venir soppiantate da spiegazioni selezioniste. E' accaduto con la teoria di Charles Darwin sull'origine delle specie viventi e, più di recente in immunologia, per spiegare l'incredibile varietà e specificità degli anticorpi. Nel caso del cervello, è successo con Edelman, il cui Darwinismo (o selezioniamo) neurale, inquadra nella stessa cornice concettuale sia la formazione del cervello sia la percezione e la memoria".

Bibliografia sulle spiegazioni selezioniste:

Topobiologia (Rizzoli, 1991)

Il presente ricordato (Bollati Boringhieri, 1993)

Sulla materia della mente (Adelphi, 1993)

Darwinismo neurale (Einaudi, 1995)

Un universo di coscienza (Einaudi, 2000).

**Walter Bragagnolo**