

Appunti di Neuromotricità (primo livello Centro studi ITARD)

di Marco Paolo Dellabiancia

Nella scuola e nella cultura italiana nessuno se n'è accorto, ma nuove prospettive scientifiche, come quelle psicobiologiche (Oliverio), neurologiche e neuropsicologiche (Kandel, Damasio e Rizzolatti), neuropsicoanalitiche (Solms) e psicologiche (Neisser), unitamente a quelle psicoterapeutiche (Lo Verso) e riabilitative (Ramachandran), stanno proponendo una diversa visione della corporeità e della motricità. Tale visione ne indica un diretto coinvolgimento nello sviluppo di funzioni peculiari della mente (attenzione, memoria, percezione-cognizione, coscienza, motivazione, emozione, affettività e socialità). In tal modo si tende ad invertire definitivamente il paradigma classico che vedeva nella condizione dell'agire (postura, azione e gesto) solo la conseguenza finale del pensiero umano (senso-percezione, cognizione, coscienza), pervenendo così al nuovo concetto di conoscenza, prima, e mente, poi, incarnate (embodied).

Tutto ciò dovrebbe determinare, conseguentemente, un rinnovato interesse scientifico, pedagogico e didattico nei confronti dell'educazione corporeo-motoria che, tuttavia, non solo ancora non si vede, ma probabilmente non esiste proprio, se si fa eccezione per l'atteggiamento di taluni formatori che non possono, per l'attività che svolgono, rinunciare ad approfondire il senso della corporeità e della motricità nei soggetti di cui si prendono cura: sono i docenti delle scuole dei più piccoli, o gli educatori dei ragazzi con problemi, o i docenti specializzati per l'integrazione dei disabili, o i pedagogisti professionisti. A tutti questi formatori è destinato questo lavoro.

§1 MODELLI DEL MOVIMENTO. SENSAZIONE E PERCEZIONE. ORGANIZZAZIONE GERARCHICA DELL'ENCEFALO

1) Confronto tra differenti modelli esplicativi del movimento

Ogni disciplina scientifica (e ogni scuola di ricerca) ha propri modelli di spiegazione del funzionamento della motricità e propri concetti di riferimento, tuttavia è possibile riscontrare delle uniformità che permettono di orientare globalmente la cognizione del lettore. Così, ad esempio, ogni scienza individua un'unità funzionale del sistema motorio in quella più elementare porzione del sistema medesimo che mantiene le caratteristiche del complesso: che sia chiamata prassia, o piano motorio, o schema motorio, o riflesso ecc, tutte queste unità funzionali, comunque considerate, hanno almeno un versante sensitivo-sensoriale e un versante motorio. Ovvero, un altro esempio concerne ciò che viene coinvolto dal versante motorio che può chiamarsi condotta, comportamento, azione, gesto, movimento ecc a seconda delle implicazioni antropologiche su cui si fonda l'impostazione della ricerca di quella scuola di pensiero, tuttavia, anche in questo caso, con tutti questi termini si intende significare semplicemente ciò che un soggetto fa.

Un altro concetto condiviso è quello fondativo di una funzione motoria definita su di una struttura gerarchica di due o più sistemi: quello più elementare è chiamato sensomotorio, quello più complesso prattognosico (cfr. figure Sist Mot. 1 e 2 del 4° approf.). In tal senso alcuni modelli psicologici che un tempo volevano descrivere come funziona l'agire complessivo dell'uomo (basta ricordare come a metà dell'Ottocento I. M. Secenov avesse già descritto tutta l'attività cerebrale attraverso riflessi nel suo testo: "I riflessi del cervello") sono ormai rimasti solo per descrivere le caratteristiche del livello sensomotorio, e tra essi si possono ricordare:

- l'Arco riflesso del Primo comportamentismo di Watson, cfr. bib. 1 e 2

S ----- > R, dove l'intensità dello S (stimolo) determina la R (risposta)

- il Riflesso condizionato della Riflessologia russa di Pavlov, cfr. bib. 1 e 2

SC ----> SI ----- > R, dove lo SI (stimolo incondizionato) anticipa lo SC (stimolo condizionato)

- il Circuito riflesso del Secondo comportamentismo di Skinner, cfr. bib. 1 e 2

S <=====> R, dove se S dà R, l'esito di R rifluisce su S per Condizionamento Strumentale/Operante

Da un punto di vista logico in questi modelli emergono due operazioni fondamentali: la Ricezione degli stimoli (comprensiva sia degli stati dell'ambiente interno che degli stimoli dell'ambiente esterno all'individuo) e l'Esecuzione (sia mediante il movimento che mediante il tono e la postura nello stato d'immobilità). Nell'uomo utilizzano una tale organizzazione i Riflessi che assicurano: 1) la fuga da stimoli dolorosi, 2) la tensione muscolare nei muscoli antigravitari o Tono antigravitario, 3) l'equilibrio del corpo (che assieme alla tensione muscolare antigravitaria costituisce la Postura) e 4) le coordinazioni elementari e globali che a questi ambiti ineriscono (dai riflessi plantari locali alle sinergie complessive del corpo dei riflessi tonici del collo).

Tutto ciò accade all'interno di una Struttura gerarchica integrata che permette a centri superiori di controllare quelli inferiori in modo da ottenerne l'impegno localizzato e settoriale, oppure sinergico e massivo, ma comunque sempre rigidamente predeterminato dalla dotazione ereditaria individuale, inscritta nella variabilità caratteristica della specie e suscettibile, nei livelli più alti dei centri riflessi, di apprendimenti veramente elementari o per via condizionata (apprendimenti di segnali e di catene di reazioni, dove l'esito di una reazione diviene il segnale scatenante della successiva), o per imprinting.

Al blocco superiore appartengono, invece, sempre da un punto di vista logico, delle operazioni più complesse che consistono nel Trattamento dell'informazione sia quella che entra, come nella Percezione che determina la Conoscenza di sé e della situazione ambientale, sia quella che esce sotto forma di movimento integrato e adattato ad un contesto significativo, come nell'Elaborazione di un piano di azione e nel Controllo della sua esecuzione. I modelli descritti dalle varie scuole scientifiche a questo proposito presentano, tra il versante Ricettivo e quello Esecutivo, dei complessi "cognitivi" che possono giustificare l'intenzionalità dell'individuo. La formula logica di riferimento, quindi, diviene:

- la transazione tra organismo e ambiente di J. Dewey, cfr. bib. 1 e 2

S <====> O <====> R

dove O = Organismo o meglio FEEDBACK + FEEDFORWARD + MEMORIE (cfr. bib. 3)

e le diverse scuole ne hanno descritto vari modelli psicologici, come il Piano TOTE del Comportamentismo soggettivo nella prima e nella seconda versione (cfr. bib. 4 e 5), oppure l'Accettore d'Azione della Neurofisiologia Russa (cfr. bib. 6), o il modello Neurocibernetico di N. Bernstein (cfr. bib. 7). Si può affermare, in ogni caso, che utilizzano una tale organizzazione gli Automatismi e le Azioni volontarie che organizzano i repertori motori, assicurati dai riflessi del livello inferiore, in

complessi unitari, sia filogeneticamente fissati col meccanismo genetico (come camminare, correre, saltare, arrampicarsi ecc.), che ontogeneticamente appresi (come scrivere, andare in bicicletta, guidare l'automobile ecc.), sottoponendoli:

1) ad una operatività percettivomotoria (enterocettiva, propriocettiva ed esteroceettiva sia somatognosica, che uditiva e soprattutto visiva) che guida al conseguimento di una meta (prefissata dal sistema cognizione/coscienza) mediante sviluppo di competenze procedurali e si serve prevalentemente dell'apprendimento per prove ed errori nel corso delle attività usuali e quotidiane;

2) ad una operatività ideomotoria (rappresentativo-simbolica) di cui il linguaggio è uno strumento essenziale, anche se non l'unico (perché si può ricordare con J. K. Bruner come la rappresentazione della realtà si possa realizzare nell'individuo in fase di sviluppo anche per via Prassica, e quindi motoria, e per via Iconica, oltretutto per via Simbolico-linguistica), mentre l'apprendimento prevalente si realizza per invenzione con ristrutturazione mentale dei rapporti percettivi e dei dati esperienziali memorizzati al fine di risolvere un problema e definizione di un'immagine anticipata del movimento da compiere (cfr. Le funzioni esecutive e Modelli teorici sul funzionamento del cervello e della mente in 1° approf).

2) Raccolta dell'informazione sensoriale

Nel modello logico, infatti, si può considerare Percezione l'attribuzione di significato ai dati raccolti con l'attenzione alle diverse sensibilità, anche integrate, e con il trattamento dell'informazione, entrambi processi attivi più o meno intenzionali che si realizzano a livello della corteccia, mentre la Sensazione, pur avendo la funzione essenziale di raccolta degli stimoli, è intesa in senso passivo, come capacità potenziale di ciascun soggetto d'essere influenzato da elementi presenti nel contesto interno o ambientale (si ricordi come il Funzionalismo deweyano consideri la percezione una transazione tra organismo e ambiente, interessandosi così della mente nel corpo o mind-in-body, cfr. bib. 1).

L'Elaborazione, poi, è il procedimento che determina la scelta del gesto che si considera più adeguato e, parimenti, l'Esecuzione è la realizzazione di quel gesto. In tal senso, affrontando il problema della Percezione, si può dire che a partire dal singolo recettore, sulle vie nervose che portano l'informazione al punto più alto del sistema nervoso (incrociandosi generalmente dalla metà destra del corpo all'emisfero sinistro e viceversa), sono intercalati diversi centri d'elaborazione e trattamento della medesima; il centro più importante per gli aspetti protopatici (sensazione confusa e generica) è il Talamo che raccoglie tutta la sensibilità, qui sotto elencata, meno la Propriocettiva inconscia che, infatti, non raggiunge la corteccia, ma va alla Formazione Reticolare e al Cervelletto dando luogo ad una via di regolazione riflessa, cfr. bib. 8, 9 e 10.

Con Enterocezione s'intende:

1. Sensibilità cenestesica. Raccolta dal sistema nervoso periferico e da quello autonomo, evidenzia le sensazioni degli organi interni connessi alla vita vegetativa, come senso di pesantezza, di gonfiore e tensione oppure, quando si sta bene, di benessere fisico. Si tratta prevalentemente di una sensibilità protopatica.

2. Sensibilità vestibolare (Equilibrio). Relativa alla posizione della testa nello spazio, allo spostamento della medesima in avanti e indietro, in alto e in basso, a destra e a sinistra, sia in accelerazione positiva che negativa e sia in linea retta che in rotazione.

3. Sensibilità propriocettiva o chinestesica o cinestesica. Rileva la tensione nei muscoli, nei tendini e nelle articolazioni rendendo consci, dopo un apprendimento spontaneo, della posizione del corpo e delle sue parti nello spazio e del movimento in corso con tutti i suoi parametri più o meno evidenti. Ovviamente la conoscenza dell'orientamento spaziale viene appresa per combinazione con altre sensibilità come la vista e il tatto nel corso dello sviluppo cognitivo di ciascuno.

Con Esterocezione s'intende:

4. Discriminazione tattile, Localizzazione tattile, Pressione superficiale. Permettono di apprezzare le caratteristiche di forma, di materia e di superficie delle cose e di localizzare il punto del corpo toccato, come pure il movimento anche di oggetti leggeri sulla superficie corporea o la vibrazione.

5. Discriminazione termica e dolore localizzato. Permettono di distinguere le qualità termiche degli oggetti e di localizzare stimoli dolorosi. Queste sensibilità sono protopatiche.

6. Vista. Dà la percezione delle differenze di luminosità e dei colori realizzando un'immagine tridimensionale (con profondità) degli oggetti e dell'ambiente. È la dimensione percettiva prevalente nella vita quotidiana, capace di imporsi su tutte le altre (compreso l'equilibrio). Nel complesso meccanismo di regolazione della visione si nota una via riflessa per fuggire gli stimoli nocivi e per orientare lo sguardo e il capo nella direzione che di volta in volta si rivela necessaria, in questo caso un occhio è specializzato (guida la visione binoculare) nel puntamento focale (mira) dell'oggetto in movimento.

7. Udito coglie frequenza, ampiezza, distanza e localizzazione spaziale delle vibrazioni del mezzo fluido (rumori e suoni). Ha una via riflessa nocicettiva e presenta una dominanza funzionale come la vista. Si tratta di una sensibilità che dimostra una forte componente protopatica e soprattutto, distinta da tutte le altre sensibilità (che insieme costituiscono il primo sistema di segnalazione), è organo percettivo del linguaggio (secondo sistema di segnalazione pavloviano).

Rimangono infine odorato e gusto, sensibilità che non sono generalmente strettamente connesse con la motricità e tuttavia svolgono un ruolo notevole nella determinazione dello stato emotivo-affettivo legato agli istinti primari (Ipotalamo). Per questo motivo possono conseguire una significazione senz'altro importante nella motivazione del movimento, ma in stati primordiali o nelle fasi vegetative o inconscie delle varie funzioni di relazione. Queste dunque sono le classiche forme di sensibilità descritte in tutti i testi scientifici, poi però esiste la capacità del corpo in generale di farsi vettore di sensibilità "altre", giacché era già stato enunciato da Freud e poi dimostrato dall'Antropologia fisica e culturale come la corporeità umana sia caratterizzata dal poter divenire sensorio di qualunque dimensione percettiva fosse intenzionata nel sistema culturale del soggetto.

Prima di arrivare al Talamo, le vie sensitive e sensoriali che raccolgono gli stimoli dai recettori sparsi sul e nel corpo per portarli alla Corteccia cerebrale, attraversano il Midollo spinale e poi la Sostanza reticolare, distribuita lungo il tragitto tra Bulbo, Ponte e Mesencefalo e tra i loro centri. In tal modo mediante la Sostanza Reticolare possono attivare e focalizzare l'attenzione della Corteccia (Sistema Reticolare Attivatore) e stimolare l'Ipotalamo (centro delle funzioni vegetative e ormonali dell'organismo), mentre attuano verso la periferia un controllo riflesso del tono muscolare (Sistema Reticolare Discendente), cfr. Sistema limbico in 2° approf). Sempre a questo livello, vie ottiche e vie uditive non coscienti arrivano anche al Tetto del Mesencefalo e qui realizzano connessioni con centri riflessi di sensibilità inconscia (vedi sopra).

Il Talamo organizza la Percezione Protopatica (ricca di contenuto emozionale ma non analizzata nelle sue componenti specifiche) e la proietta alla Corteccia cerebrale che, a sua volta, organizza la Percezione Epicritica (sprovvista di contenuto immediatamente emozionale, ma puntualmente analizzata nei suoi contenuti coscienti), cfr. bib. 11 e 12. A livello corticale i percetti si localizzano su 3 zone primarie specifiche per l'analisi sensitivo-sensoriale: Visiva, Uditiva e Somestesica (quest'ultima raccoglie le sensibilità che abbiamo descritto ai numeri 1, 3 e 4. Per completezza è, tuttavia, necessario tenere presente pure una quarta zona, quella motoria che non solo si struttura come quelle della percezione, ma lo fa insieme ad esse inviando e ricevendo un complesso di terminazioni direttamente per e da esse, cfr. Aree cerebrali in 3° approf).

3) Elaborazione dell'informazione e dell'azione nelle aree corticali

Lo studio delle aree cerebrali è debitore, inizialmente, di una prima sintesi di Lurija (bib. 13): le zone primarie sensitivosensoriali e motorie portano una rappresentazione punto a punto con il recettore

periferico (retina, coclea, superficie del corpo e muscolatura volontaria, da cui ereditano la denominazione di aree di proiezione) che permette di percepire lo stimolo (senza tuttavia concettualizzarlo, comprendere la causa o identificarne l'oggetto) o di eseguire il movimento voluto. Attorno alle primarie esistono le secondarie che codificano la percezione determinando la presa di coscienza unitaria dell'informazione e l'identificazione della sua natura e del suo significato o che predispongono le operazioni di programmazione del movimento volontario. Come estensione, poi, delle secondarie e precisamente nelle aree derivate dalla sovrapposizione della loro espansione, sorgono zone terziarie che, ricevendo contemporaneamente segnali delle diverse sensibilità e della motricità, vanno a costituire il substrato cerebrale delle abilità complesse chiamate fasie, prassie e gnosie, cfr. bib. 14. Aree secondarie e terziarie perciò sono chiamate aree d'associazione e si sviluppano in tempi successivi: se le primarie, con relative connessioni alle formazioni sottocorticali, si maturano a partire dalla vita prenatale e subito dopo la nascita (l'area motoria è la più sviluppata), le secondarie hanno una forte crescita nei primi mesi di vita e la maturazione delle vie ad esse connesse (mielinizzazione) continua ancora nei primi anni di vita. Le zone terziarie, poi, si completano solo più tardi, nella preadolescenza, quando tutta la struttura nervosa collegata alle funzioni corticali superiori si stabilizza definitivamente, mentre maturazione ed apprendimento realizzano le premesse per l'acquisizione dell'intelligenza formale. Da tener presente che le funzioni corticali superiori, per A. R. Lurija, sono processi complessi d'origine ereditaria, ma di natura sociale, ovvero mediati nella loro strutturazione dalla cultura e coscienti, o volontari nella loro realizzazione individuale, cfr. bib.13.

Sul questo modello subentra, poi alla fine del secondo millennio, una più approfondita analisi delle aree della percezione e del movimento da parte di Kandel (cfr. bib. 14) che, pur mantenendo quella successione nell'approfondimento elaborativo che va dalla primaria alla terziaria, individua però in ciascuna area sensitivosensoriale primaria diverse zone che trattano (processano) gli aspetti diversi dei percetti tipici dell'area e lo fanno contemporaneamente sia in serie che in parallelo. Questa scomposizione in fattori elementari di ciascuna percezione permette la successiva costruzione di un modello sintetico, che noi sentiamo come continuo e regolare, tramite la costante riconversione degli stimoli elementari, così da apparire come la replica diretta della realtà, mentre non si tratta che di una nostra costruzione, seppur in dipendenza di una modalità percettiva tipica della specie, ma sotto l'influenza di tutti quei processi che sono anche tipici dello sviluppo individuale (attività, esperienza, memorizzazione e apprendimento personali nell'ambito di una transazione culturale e sociale).

Per Kandel, poi, attorno alle aree primarie sussistono delle aree sensitivosensoriali e motorie d'ordine superiore (secondarie e terziarie) che sottopongono percetti e comandi motori ad una dinamica elaborativa ancor più complessa, mediante integrazione dei diversi campi recettivi nelle prime (ad es. quella del corpo e quella della vista nelle aree d'ordine superiore della percezione corporea) e di informazioni complesse per l'esecuzione nelle seconde (l'area motoria supplementare che programma le sequenze motorie e coordina i movimenti bilaterali nei gesti complessi – eseguiti o solo pensati - del tronco o delle braccia, e l'area premotoria che, ricevendo afferenze dalle aree parietali, determina e controlla i movimenti guidati da segnali visivi o somatosensitivi). Per sottrazione delle aree primarie e d'ordine superiore rimangono ampi spazi cerebrali che vanno a costituire le aree associative. Così le principali aree associative sono quella temporo-parieto-occipitale (gnosie complesse e fasie), quella prefrontale (intenzioni e decisioni), quella limbica (motivazione, memoria ed emozione).

Dopo Kandel, però, si deve tener conto anche delle scoperte di Rizzolatti (cfr. bib 15) che seppur ancora in sviluppo, già oggi implicano concezioni importanti. Il punto di partenza è ancora il I modello di Lurija e in particolare il passaggio dalla percezione al movimento. Per il ricercatore dell'Università di Pavia, le vecchie rappresentazioni corticali del movimento (compreso l'homunculus di Penfield) sono ormai insufficienti, perché la ricerca sta dimostrando che nell'area anteriore alla scissura di Rolando (fino all'area prefrontale esclusa) sussistono varie aree motorie, ciascuna con proprie specificità, distinguibili a seconda della collocazione: quelle vicino all'area prefrontale (aree anteriori) e quelle vicino alla scissura di Rolando (aree posteriori).

Questi due territori presentano collegamenti corticali prevalenti all'area prefrontale (delle intenzioni e delle decisioni), o alla corteccia del cingolo (per l'elaborazione delle motivazioni su base emozionale e affettiva) per le prime e all'area post-rolandica (della sensibilità somatica) per le seconde. Una differenziazione poi sussiste anche per i collegamenti sottocorticali con l'area motoria primaria (la più vicina alla scissura) che in parte termina nella regione intermedia fra le corna del midollo spinale e in parte si distribuisce alle lamine dei motoneuroni (portando precisi e localizzati comandi motori alla "via finale comune" per l'attuazione dei movimenti elementari), mentre tutte le altre aree (anteriori e posteriori) si distribuiscono, invece, solo alla regione intermedia, per realizzare i necessari collegamenti ai circuiti riflessi d'adeguamento della condizione del corpo al movimento elementare principale e ai movimenti combinati e complessi.

Tra i collegamenti corticali, poi, è molto interessante seguire i circuiti che collegano le aree motorie posteriori all'area postrolandica della sensibilità del corpo, perché in alcune delle sue zone disposte più indietro (vale a dire verso il lobo occipitale), quelle che nel I modello erano considerate come secondarie nel trattamento della sensibilità del corpo, si sono registrate attività in connessione con il movimento, talché si deve considerare come aree motorie posteriori e aree somatosensoriali secondarie costituiscano un complesso circuito di "trasduzione" dei differenti stimoli sensoriali (somatici, visivi e forse anche uditivi) in modalità motorie. All'interno di questo complesso, poi, sussistono specifici circuiti che utilizzano l'informazione somatosensoriale per la localizzazione delle parti del corpo da adattare al movimento principale, ovvero l'informazione visiva per la codifica dello spazio circostante e così via.

4) Neuronmi specchio per un vocabolario d'atti

Del resto bisogna considerare che nelle aree motorie posteriori (escludendo la motoria primaria) non si codificano "singoli movimenti, ma atti motori", in altre parole molti neuroni si attivano selettivamente quando si compie un determinato tipo di gesto, ma prescindendo completamente da quale parte del corpo vi sia impegnata (un atto effettuato o con la mano destra, o con la bocca, o con la mano sinistra indifferentemente), ovvero un raggruppamento di neuroni si attiva per un tipo di presa o una determinata fase della presa e un altro raggruppamento per un'altra presa o per un'altra fase, pur essendo entrambe le prese effettuate con la medesima mano. In questa prospettiva l'A. parla di un meccanismo di "Risonanza" riprendendo la nozione "introdotta da J. J. Gibson ... per cui la percezione visiva di un oggetto comporta l'immediata e automatica selezione delle proprietà intrinseche che ci consentono d'interagire con esso" (cfr. bib. 15). Ma allora di cosa parliamo? Sono aree visive o motorie? Il segreto del funzionamento di queste aree è stato scoperto da Rizzolatti e dalla sua scuola studiandone il circuito con le aree della corteccia somatoestesica posteriore prima nei primati e poi nell'uomo, quando ha potuto registrare la massiccia presenza dei "neuroni specchio".

Si tratta di neuroni che si attivano nel fare determinati movimenti (sia atti transitivi o azioni finalizzate, che atti intransitivi o gesti comunicativi), ma anche nel vedere gli altri fare gli stessi movimenti e, a differenza degli altri primati, soltanto nell'uomo si attivano anche vedendo gesti mimati e non azioni vere e proprie. Questi neuroni specchio si trovano nel circuito che collega aree disposte davanti a quella motoria principale e dietro a quella somestesica principale in entrambi gli emisferi (e in particolare, in quello sinistro, si trovano anche nella famosa area di Broca, tanto che l'A. può autorevolmente discutere dell'origine del linguaggio verbale da un primitivo linguaggio gestuale). Come neuroni "bimodali" (così chiamati perché si attivano nella realizzazione di movimenti e nella percezione visiva) i neuroni specchio permettono di codificare la realtà secondo azioni intrinsecamente collegate alla percezione visiva delle cose, una percezione visiva semantizzata in un orizzonte di esperienza personale: un vocabolario di atti, in altre parole, che ci permette di vedere le cose in funzione dell'azione che stiamo per compiere.

Ma il possesso di un tale vocabolario ci permette anche di cogliere il significato degli atti medesimi negli altri e di anticiparne gli sviluppi dell'azione in corso: in tal senso, dopo aver rilevato le tracce corticali all'esposizione delle tre principali componenti degli atti (contesto, azione e intenzione) ed averle sovrapposte, potendo così individuare come l'area dell'intenzione fosse la più espansa e capace di includere entrambe le altre, l'A. può affermare "il sistema dei neuroni specchio è in grado di codificare non solo l'atto osservato (nella fattispecie, l'afferrare qualcosa con una determinata presa), ma anche l'intenzione con cui esso è compiuto - e ciò probabilmente perché l'osservatore, nel momento in cui assiste all'esecuzione di un atto motorio da parte di un altro, anticipa i possibili atti successivi ai quali quell'atto è concatenato".

Questo carattere prassico e previsionale intrinseco alla percezione delle cose è ancor più esaltato nell'organizzazione dello spazio. Partendo dalla constatazione che per agire sulle cose bisogna prima percepirle, ma poi bisogna anche raggiungerle per manipolarle, l'A. ha studiato quei circuiti tra aree motorie e aree somestesiche che sono deputati alla localizzazione degli oggetti nello spazio ed ha trovato due modalità di codifica spaziale differenti che, cioè, impiegano sistemi diversi di coordinate. Tali sistemi sono ampiamente descritti nella letteratura dei casi di "neglect" (lesioni parietali posteriori dell'emisfero non dominante che portano i pazienti a trascurare le informazioni somatiche provenienti dall'altro lato del corpo) con diverso comportamento in relazione alle due codifiche spaziali.

Una modalità di coordinate, infatti, si attiva per le cose lontane (l'A. parla di spazio extrapersonale) e non presenta neuroni specchio; si origina dai campi oculari per il controllo dei movimenti saccadici degli occhi (movimenti rapidi che facciamo inconsciamente, ruotando gli occhi per portare la traccia percettiva degli oggetti sulla fovea della retina, onde analizzarla accuratamente) e in conseguenza di ciò tale modalità codifica lo spazio in ordine alla posizione che l'oggetto assume rispetto alla retina medesima (cioè lo spazio proiettivo che nasce dal punto di origine della visione, circa tra i due occhi). L'altra, invece, si attiva per le cose vicine (l'A. parla di spazio peripersonale, intendendo quello spazio circostante al corpo che è raggiungibile dall'estremità degli arti superiori, anche quando incorporano uno strumento, come una penna, una spazzola ecc.): questa dimensione è registrata su di un circuito d'aree cerebrali motorie e somestesiche che vedono la massiccia presenza di neuroni specchio; proprio tali neuroni sono responsabili di una codifica delle percezioni delle cose secondo una localizzazione strutturata dentro una rete di coordinate somatiche, cioè centrate sulle varie parti del corpo (capo, tronco e arti superiori).

In questo sistema di localizzazione, perciò, non ha influenza il movimento dell'occhio che fissa la cosa (punto di vista tendenzialmente considerabile unico), ma come si dispongono le varie parti del corpo in relazione alla cosa che in quel momento si sta trattando: una disposizione che risulta integrata nelle prospettive delle diverse parti del corpo e continuamente variabile a seconda dell'andamento e della strutturazione dei vari movimenti delle stesse. Questa modalità di localizzazione ha un carattere pragmatico, dando dello spazio una rappresentazione attraverso un sistema di relazioni costruito sugli atti che permette (dice l'A. citando M. Merleau-Ponty) di "inscrivere intorno a noi la portata variabile delle nostre intenzioni o dei nostri gesti".

5) Organizzazione dell'encefalo su tre blocchi funzionali

In questo rapido esame, che vorrebbe prendere in considerazione i fatti più rilevanti del processo d'elaborazione dei materiali sensitivo-sensoriali in ingresso per giungere alla percezione chiara e distinta delle cose e del loro significato, bisogna però anche ricordare che a livello più basso della Corteccia e del Talamo esistono "corteccie antiche" come il Tetto del Mesencefalo. Questa zona, infatti, porta un rudimento, nell'uomo, di funzioni più sviluppate negli animali meno evoluti, ma in ogni caso conserva un primato nell'attivare riflessi d'evitamento e di spostamento del corpo da stimolazioni nocive e introduce elementi di percezione inerenti alla vista e all'udito di cui il soggetto può essere anche completamente ignaro, nell'orientamento dello sguardo e del capo alla ricerca della fonte visiva

o sonora. E non si tratta di percezione protopatica (prodotta dal Talamo), ma di percezione inconscia, seppur capace di partecipare alla costruzione del senso delle situazioni (con senso s'intende il significato personale) come i fenomeni della "visione cieca" o della "negligenza" c'inducono a pensare.

L'organizzazione corticale va vista, dunque, all'interno della strutturazione complessiva dell'encefalo e in dimensione comparata nel senso dello sviluppo evolutivo; bisogna tener presente che negli animali più semplici il sistema nervoso centrale è un tubo dritto che porta il rinencefalo come corteccia percettiva e il mesencefalo come corteccia motoria capace di avviare i comportamenti riflessi d'attacco o di fuga. In questa prospettiva evolutiva alcuni AA. hanno proposto varie schematizzazioni funzionali dell'encefalo umano, per cui, sempre con Lurija possiamo evidenziare il SNC in sintesi come un sovra-sistema di 3 sotto-sistemi integrati: il primo comprende i centri più profondi e antichi, la Formazione reticolare, il Tetto del Mesencefalo, l'Ipotalamo, il Talamo e la Corteccia più antica (il Sistema Limbico e la corteccia dell'Insula). Questo complesso ha il compito di regolare il livello d'energia e il tono di base della NeoCorteccia, da un lato, assicurando nel contempo il controllo e la realizzazione, nel comportamento complessivo, dei processi vegetativi automatici e somatici riflessi (cervello rettiliano), e poi dei processi compulsivo-istintuali (tipici dei mammiferi) e di quelli emotivo-sentimentali (tipici dell'uomo), dall'altro lato.

Il secondo sistema, invece, analizza e codifica le informazioni interne ed esterne e agisce, risultando costituito dalla parte posteriore della Corteccia e da quella parte anteriore devoluta all'ambito motorio. Il terzo blocco, poi, è deputato alla formazione delle intenzioni e a prendere le decisioni sui progetti da compiere col comportamento; questo sistema si rinviene nella porzione frontale della Corteccia (aree prefrontali), cfr. bib. 14 e 16. Il collegamento e la regolazione delle influenze reciproche tra i tre blocchi avvengono nel corso dello sviluppo: il primo sistema predomina nel corso della vita embrionale e fetale, poi con l'avvicinarsi della nascita incominciano a subentrare progressivamente gli altri due, anche se la predominanza del primo continuerà ancora per qualche tempo, seppur mediata dagli strumenti offerti dagli ultimi due blocchi, cfr. il cap. IV di bib. 18 e il cap. VI di J. Nash, *Psicologia dello sviluppo*, Giunti e Barbera, Firenze 1982.

Così, dal punto di vista motorio, la riflessività gestuale spontanea di cui è dotato l'individuo alla nascita (cfr. bib. 17 e 18) si trova al servizio dell'istintività del Primo blocco e segue quella funzionalità dell'apparato psichico del bambino che la Psicoanalisi chiama "Processo primario" dove domina il Principio del piacere (cfr. bib. 19, 20, 21, 22). Con la mielinizzazione delle vie sensitive si sviluppa il controllo del Secondo blocco e contemporaneamente del Terzo che appare però più lento perché basato sul secondo sistema di segnalazione (col Processo secondario e secondo il Principio della realtà, cfr. bib. 23 e 24). Solo con l'arrivo dell'adolescenza, il processo d'integrazione funzionale dei tre blocchi si completa, nella normalità, con l'apparire del pensiero formale da un lato e l'affermarsi delle funzioni dell'io dall'altro, cfr. bib. 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31. La motricità del tutto spontanea e anche quella guidata che mantenga, però, caratteristiche ludiche autentiche sono, in ogni modo, mezzi tra i più potenti di questo processo d'integrazione e con ciò diventano lo strumento (al pari dell'esperienza sociale, del pensiero produttivo e dell'affettività con gli oggetti sociali importanti) che rende il soggetto protagonista della sua crescita. Cfr. bib. 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42.

§ 2 LA COSCIENZA NUCLEARE E LA COSCIENZA ESTESA

1) La corporeità come coscienza nucleare che interpreta i bisogni della persona.

Se partiamo dalla considerazione che i contenuti della coscienza sono determinati dall'elaborazione dei percetti raccolti dalle aree di proiezione dei tre lobi corticali posteriori del cervello, capaci di trattare (dare senso e memorizzare mediante ricombinazione realizzata nelle aree di

associazione cui partecipano anche embricazioni dall'area motoria del lobo frontale) in modalità consapevoli (epicritiche) quelle senso-percezioni che sono già state ampiamente elaborate in modalità tendenzialmente inconsapevoli (protopatiche) da un centro (talamo) della base del cervello, provenendo da specifici organi sensoriali (rispettivamente la coclea dell'orecchio, la pelle e la retina dell'occhio), così come proposto dal I modello, dobbiamo tener presente che lo stato globale (in pratica, la tensione costante di base) della coscienza è determinato, invece, dalle varie modificazioni dell'ambiente interno del corpo (il corpo viscerale, espressione delle diverse combinazioni di tutti i parametri fisiologici e della condizione strutturale e funzionale degli organi o cenestesi). Tale stato è continuamente rilevato da recettori del sistema nervoso autonomo ed è mediato dal sistema reticolare attivatore ascendente (o ERTAS), un centro ampiamente diffuso nel tronco dell'encefalo capace, per una via, di attivare la corteccia riguardo ai bisogni del corpo (motivazioni di base o pulsioni), prima di diffondersi all'ipotalamo per subirne, in risposta, i diversi comandi (l'ipotalamo è il centro di controllo di tutte le funzioni vegetative che coordina sia in tempi rapidi, mediante il sistema nervoso autonomo, che in tempi più lunghi, attraverso il sistema ormonale).

Per Damasio (bib. n. 43) che parte da documentati percorsi neurali, la coscienza ad un livello iniziale (coscienza nucleare come intenzionalità organica, cioè una percezione di base certamente non pienamente consapevole in una cultura come quella nostra che ha sempre considerato il corpo uno strumento dell'anima e dunque più da negare che da ascoltare, ma in altre culture sicuramente più piena, cfr. bib. n. 44) consiste in un continuo circuito tra i due elementi discussi sopra, dove si rende evidente che i bisogni del corpo (stato) non possono essere soddisfatti altrimenti che dalle caratteristiche dell'ambiente (contenuti). In questo modo, tuttavia, non si determina soltanto la presenza alla mente di un elemento dichiarativo (per esempio: mi sento così e sono in questa situazione), quanto piuttosto si realizza un'attribuzione pragmatica di valore e di senso (per esempio: mi sento così - affamato - e cerco qualcosa da mangiare, tenendo conto di questa condizione in cui mi trovo). In tal modo le diverse situazioni in cui ci si viene a trovare di volta in volta, assumono progressivamente una colorazione qualitativa, così da diventare situazioni di benessere o di malessere per il rispecchiamento del nostro stato interno sulla percezione della condizione esterna (fino ad oggi interpretato come l'atteggiamento della persona per reattività spontanea alla situazione in cui si viene a trovare). In questo senso "la funzione della coscienza è del tutto subordinata al fatto di essere *innestata in un corpo*, ovvero alla consapevolezza del proprio stato corporeo in relazione a quello che ci sta succedendo attorno. Inoltre, questo meccanismo sembra essersi evoluto solo perché il corpo ha in sé dei *bisogni concreti*. La coscienza si radica profondamente in una serie di *valori* biologici assai primitivi. Questi valori sono *alla base dei sentimenti*, e la coscienza è *essa stessa* costituita da sensazioni" (bib. n. 45).

2) Percezione conscia e inconscia. Funzioni vegetative e somatiche.

A questo punto, però, prima di andare avanti si devono fare due necessarie precisazioni, perché questa sintesi non induca in errori concettuali il lettore: la prima riguarda la coscienza della percezione e la seconda il monitoraggio viscerale che si colloca alla base della coscienza "nucleare". Per quanto riguarda la percezione corticale cosciente, bisogna considerare che numerosi fenomeni (visione cieca, arto fantasma, fenomeni del cervello diviso, memoria implicita ecc.) ce la fanno apparire chiaramente come il versante emerso di un ben più ampio magazzino di percezione totalmente inconscia, non soltanto oggetto di trattamento protopatico da parte del talamo (e perciò ancora recepibile e indagabile come uno stato profondo e latente, dotato però di un deciso indirizzo sull'intenzionalità della persona), ma anche oggetto d'elaborazione riflessa (perciò totalmente inconsapevole) da parte di centri specifici nel tetto del mesencefalo (corteccia dell'antico cervello o del primo blocco di Lurija) che, anche se non sono coscienti di percepire, in compenso elaborano in modo riflesso stimolazioni corporee, visive e uditive per organizzare la postura, la reattività e i sistemi d'azione del corpo (in una parola: le funzioni

somatiche dell'organismo) in conseguenza delle situazioni d'allarme e pericolo di cui, persino, la persona può divenire consapevole solo dopo la realizzazione dell'atto riflesso.

Per ciò che concerne, poi, il monitoraggio viscerale che si colloca all'origine della coscienza del sé corporeo, bisogna precisare che esso non dà luogo ad una mappatura di tipo somatico (come quella tipica - l'homunculus motorio - che, secondo tradizione, presiede al controllo preciso dei movimenti volontari nella vita di relazione, presente nell'area corticale motoria primaria), ma ad una rappresentazione "globale" di stati fisiologici (una mappa delle funzioni della vita vegetativa), dove al più vi è un assetto delle qualità "esistenziali" di base, come sottofondo di piacere o di dispiacere (raccolte dal nucleo del GPA del mesencefalo).

Tuttavia proprio accanto a questa centrale cenestesica della sensibilità viscerale si trova quell'altro centro della sensibilità somatica (quello nel tegmento dorsale e nel tetto del mesencefalo che presiede ai movimenti riflessi del corpo di cui si è detto poco sopra). Questa vicinanza consente al soggetto, dotato di capacità introspettive e appartenente ad una cultura che le valorizza, di far emergere nel vissuto corporeo una mappa rappresentativa dello stato (di benessere e malessere) degli organi interni e profondi e di avviarne una forma di monitoraggio che può risultare più o meno spinto in conseguenza della propria capacità introspettiva, come ci mostrano i guru dello Yoga (cfr. bib. n. 46).

3) Dalla corporeità alla motricità. Linguaggi non verbali e verbali.

Sopra la coscienza nucleare si sviluppa (sempre da un punto di vista evolutivo) un livello di consapevolezza più ampia e potente che Damasio chiama appunto "estesa", ed anche altri Autori identificano (seppur chiamandola con altri termini) come una coscienza della coscienza. Si tratta, in altre parole, non più solo di una percezione dei propri vissuti corporei interni (corporeità), ma della consapevolezza di provare sensazioni (percetti o, nel gergo neurologico, "qualia") riguardo ad un ente esterno (percezione), o della consapevolezza di decidere la disposizione e l'azione del proprio corpo (motricità). Una tale consapevolezza della percezione (considerando anche il motorio nel ciclo della percezione, benché sarebbe meglio parlare di senso/percettivo/ideomotricità come avevamo proposto già alcuni anni fa nell'elaborare una scala di sviluppo delle abilità di movimento, cfr. bib. n. 47) si può determinare solo perché se ne può pensare l'oggetto attraverso segni mentali (non solo tracce percettive, ma veri e propri segni) e, così facendo, si possono trattare non solo i percetti in corso al momento, ma anche quelli già raccolti (memorie) e persino quelli soltanto immaginati (fantasie, idee, progetti) che si costruiscono ricombinando originalmente elementi d'altri percetti.

In questo senso la coscienza estesa lavorerebbe (uso il condizionale perché le nuove scoperte di Rizzolatti possono ampiamente modificare questa posizione) sui raccordi (aree di associazione, sede delle abilità cognitive più elevate come fasie, gnosie e prassie) delle tre aree della corteccia cerebrale posteriore e dell'area motoria del lobo frontale, già viste a proposito del I modello di Lurija, ma certamente realizza la sua funzione sovrastrutturale (metacognitiva) soprattutto nelle aree prefrontali dove decide cosa fare e come farlo, sia direttamente attivando l'area motoria, ovvero lasciandolo agli automatismi motori sottocorticali, già appresi e memorizzati (tutte funzioni decisionali del lobo frontale). Questa coscienza estesa può utilizzare diverse modalità di funzionamento che nella vita quotidiana si integrano sotto la dominanza linguistica dell'emisfero sinistro; due sono evidenti: la più elementare è quella che ci permette di lavorare con il linguaggio non verbale delle immagini (combinazioni di percetti iconici, tracce uditive e schemi sensomotori) e, per taluni Autori, rappresenta la modalità prevalente dell'emisfero destro. Tale modalità sviluppa la memoria procedurale (una rappresentazione della strutturazione - sequenza - degli atti che esprime, per tutte le azioni complesse, sia la capacità di fare, che la conoscenza di come si fa), mentre la più evoluta è quella che ci permette di lavorare con il linguaggio verbale e sviluppa la memoria semantica (organizzazione di reti di significati che, collegando le varie informazioni, sottendono la nostra conoscenza generale del mondo).

Mentre la prima modalità è legata alle caratteristiche formali degli enti (nel senso che l'immagine mentale è pur sempre e soltanto uno schematismo o, in altre parole, un'astrazione non arbitraria della percezione della realtà che si esplica mediante regole logiche e infralogiche), la seconda è legata a caratteristiche dell'inferenza semantica del tutto arbitrarie rispetto alle caratteristiche formali degli enti e si esplica secondo talune regole di combinazione dei segni generatrici di significato, ma, diversamente dall'immagine, nei confronti del medesimo significato ancora del tutto arbitrarie, come la triplice articolazione linguistica (fonema, parola, testo) o la costruzione sintattica (grammatica generativa trasformazionale, asse sintagmatico/asse paradigmatico ecc.). Da queste diverse modalità di funzionamento (che nella fenomenologia della vita quotidiana, però, agiscono in modo altamente integrato così da costruire il senso di una realtà coerente) discende che se l'immagine mentale ci dà comprensione totalizzante e immediata del percelto secondo un codice analogico, il linguaggio ce la dà invece attraverso una costruzione successiva e progressiva, nonchè secondo un codice digitale, ma proprio per le sue caratteristiche intrinseche può anche trattare il medesimo significato linguistico o la stessa immagine mentale, operando così ad un livello metalinguistico caratteristico della coscienza della coscienza, o della coscienza estesa di Damasio.

4) **Coscienza estesa, emozioni e memoria episodica.**

La coscienza estesa, come si è visto, esprime capacità assai raffinate di comprensione della realtà, e tuttavia rimane ampiamente connessa alla coscienza nucleare del corpo vegetativo mediante le emozioni che possono costituire, così, una fonte d'energia per l'intera esistenza della persona (costituendone una caratteristica: il temperamento che si esprime nel carattere). Le emozioni, infatti, al pari delle percezioni e delle azioni motorie, sono mediate da circuiti neuronali ben individuabili che connettono il cervello filogeneticamente più antico delle reazioni viscerali innate (sistema spino e troncomidollare, cfr. bib. n. 48), con quello più evoluto (aree della corteccia prefrontale) mediante i centri dell'ipotalamo, del talamo e del lobo limbico (in particolare l'amigdala, cfr. bib. n. 49), talché si possono considerare come modalità sensoriali destinate a raccogliere gli stati interni e fornire informazioni su come ci si sente, dando luogo alla percezione cosciente dei propri stati d'animo. Anche in questo caso, dunque, come abbiamo già visto in modo simile per la cenestesi, la percezione dell'emozione non è altro che l'interpretazione del complesso d'adattamenti vegetativi e somatici innescati dai riflessi del sistema nervoso autonomo o dalle regolazioni ormonali controllate dall'ipotalamo, con qualcosa di più: la consapevolezza. La percezione consapevole delle emozioni, però, dà luogo a tutto un complesso d'effetti sia sul piano della comprensione di sé, globale e di genere, sia su quello dell'azione e sia su quello della relazione con gli altri, entrando potentemente nella determinazione dello sviluppo e nel recupero della memoria episodica.

Nel compiere qualunque atto della vita quotidiana, infatti, l'attenzione del soggetto generalmente è rivolta soltanto ad un aspetto dell'attività (o il fine, o l'obiettivo, o le modalità, o una delle circostanza ecc.), mentre tutto il resto dell'azione si realizza sulla base di memorie procedurali (abitudini) e semantiche (credenze) implicite, cioè non coscienti al momento dell'atto. Ma gli atti possono divenire coscienti in due modi, o con uno sforzo in un momento di particolare necessità e per effetto dell'intenzionalità del soggetto medesimo, quando lo vuole cioè con la coscienza estesa, o in modo spontaneo (ma per Freud non casuale) a partire da un elemento presente al soggetto sia nella realtà circostante che nello stato del suo corpo e nella percezione del suo movimento (cioè nella rappresentazione per immagini mentali del presente percelto) che sia soprattutto capace di attivare l'attenzione (con l'emozione). In entrambi i casi la coscienza si realizza recuperando ricordi di esperienze personali da quel grande serbatoio che Damasio chiama il "Sé Autobiografico" e che costituisce il ponte oscillante tra le due forme della coscienza umana. La memoria episodica fa rivivere momenti esperienziali già vissuti con tutta la loro atmosfera emotiva, abbinando stati del sé della coscienza nucleare a situazioni del mondo esterno presenti alla coscienza estesa che, così, si estende a

ritroso: in tal modo le memorie recuperate sarebbero, in verità, “ricostruite” rivivendo (e dunque anche riattualizzando stati della coscienza nucleare) contenuti di memorie implicite.

§ 3 IL LINGUAGGIO VERBALE

1) Organizzazione corticale complessiva del linguaggio

Per avere, però, un'idea dell'organizzazione cerebrale che serve a comprendere in via generale quella della funzione motoria che in essa si iscrive, non si può ignorare la differenziazione che investe la struttura bilaterale crociata descritta fin qui, per effetto dello sviluppo del linguaggio. Cfr. bib. 50 e 51. Questa differenziazione comporta generalmente un ampliamento materiale dell'emisfero sinistro dove si localizzano alcune funzioni linguistiche come l'area di Broca, vicino alla zona motoria degli organi della Fonazione, per la produzione parlata; ovvero l'area di Wernicke, tra l'area uditiva e quella visiva, per la Comprensione del linguaggio udito), mentre nelle corrispondenti zone dell'emisfero di destra si sviluppano aree per la consapevolezza somestesica e delle relazioni spazio-temporali.

L'ipertrofia delle zone di sinistra è stata osservata già nei feti umani, da cui si desume che siano impegnati meccanismi genetici (l'invariante funzionale o programma epigenetico aperto, cfr. bib. 52). Si può accettare che gli emisferi si equivalgano nei primi mesi di vita; poi però si realizza la differenziazione per effetto dell'imponenza che ha l'emersione del fenomeno linguistico per lo sviluppo e l'apprendimento umano, cfr. Emisferi cerebrali e Storia dei pazienti dal cervello diviso in 5° approf. Il linguaggio verbale (secondo sistema di segnalazione pavloviano) ha, infatti, delle caratteristiche particolari, rispetto al primo sistema di segnalazione, che non sono semplicemente: a) il tener in mente un oggetto anche quando non si trova più presente fisicamente agli organi della sensibilità (perché la memoria della percezione realizza abitualmente l'immagazzinamento già con l'immagine visiva, la traccia uditiva o lo schema sensomotorio); oppure b) il costruire un modello dell'oggetto a più dimensioni o il considerarlo da più punti di vista (perché la vista associata al tatto ci dà modelli tridimensionali della realtà e l'immaginazione è proprio la capacità di decentrarsi e costruire l'oggetto secondo altri punti di vista); anzi queste sono proprio caratteristiche funzioni non linguistiche del cervello destro.

La caratteristica principale del linguaggio, invece, è quella di sintetizzare il concetto in un simbolo, astraendolo in taluni casi, dalle diverse qualità percettive dell'oggetto, e poi di lavorare su questi simboli (organizzati su tre livelli: i fonemi, le parole, i testi) secondo insiemi di regole compositive e scompositive (la grammatica generativa trasformazionale). In altre parole il linguaggio permette di eseguire delle operazioni mentali, tramite i simboli linguistici, alla seconda potenza, mentre la percezione permette di lavorare solo alla prima potenza tramite segnali che alla realtà rimangono pur sempre legati, cfr. bib. 49. E così, infatti, già Vygotskij aveva affermato la caratteristica di "stimolo-strumento" del linguaggio, ancora affiancabile da altri di natura spazio-temporale e gestuale (tra cui le operazioni infralogiche di Piaget) nel corso dalla fanciullezza, ma poi unico nel pensiero formale dell'adulto, cfr. bib. 53 e 54.

Non può sfuggire, perciò, come la zona deputata alla comprensione linguistica nell'emisfero sinistro si trovi all'incrocio delle zone della sensibilità, come cioè si sovrapponga all'area delle principali prassie e gnosie dell'emisfero di destra: ciò è più di una semplice coincidenza e infatti alcune teorie sulla nascita filogenetica del linguaggio partono proprio da questa constatazione, cfr. bib. 55. Ho già ricordato che per l'ascolto (la comprensione della parola pronunciata da altri) la sensazione uditiva, giunta nella zona sensitiva primaria, viene associata ad una zona secondaria, l'area di Wernicke, dove avviene la decodificazione, cioè il riconoscimento fonetico e la sua associazione al significato semantico costruito in precedenza tramite anche altre zone.

Per parlare (comunicare verbalmente quanto compreso o il proprio pensiero), dalla zona della comprensione l'attivazione cerebrale si sposta verso la zona della produzione (area di Broca), dove si predispongono gli ordini per l'intervento delle unità motorie che controllano gli organi della Fonazione; da esse infatti parte l'impulso che fa contrarre nella giusta maniera i muscoli della laringe. Per leggere lo stimolo visivo deve essere trasportato dalla zona visiva primaria ad una zona che si trova al punto di sovrapposizione tra le tre aree sensitive: la circonvoluzione angolare. Ivi avviene la codificazione dei segni visivi in fonemi; subentra quindi il riconoscimento fonetico della vicina area di Wernicke (perciò leggere è sempre anche pronunciare cerebralmente la parola, per gli autori classici. Prima che il modello visivo possa essere compreso, infatti, deve essere trasformato nel modello uditivo, cfr. bib. 56, almeno per le società che usano l'alfabeto fonetico).

Per scrivere sotto propria o altrui dettatura, avvenute l'ideazione e la strutturazione semantica del pensiero, ovvero il riconoscimento fonetico del discorso altrui, si deve attivare un procedimento di codificazione dei fonemi in grafemi (le unità di suono in unità di scrittura) che si realizza ancora nella circonvoluzione angolare. Da qui l'impulso si trasferisce in una zona motoria che controlla i comandi per la muscolatura volontaria dell'arto superiore secondo unità sequenziali successive. Si tratta di una zona secondaria (area premotoria), anteriore a quella motoria primaria, che è responsabile della suddivisione in sequenze dei programmi di tutte le prassie (schemi motori elementari o complessi finalizzati) e della loro attivazione secondo un determinato ordine di successione. Da qui poi l'ordine passa nella zona del braccio e della mano dell'area motoria primaria, per l'esecuzione della scrittura.

L'organizzazione del linguaggio, com'è stata qui descritta, si è venuta progressivamente costruendo da parte degli Autori classici (a partire da Wernicke, fino a Lurija e a Gerschwind) e si è spesso evidenziata ai neurochirurghi in fase di intervento a cervello scoperto e in fase di cura degli esiti di traumatismi cerebrali; cfr. bib. 57 e 49, anche se recentemente in diversi studi si sono messe in luce ipotesi di differenti strutturazioni delle funzioni linguistiche. In ogni caso, questo modello semplificato se certamente non può dire nulla sull'uso della lingua, sul "perché", tuttavia costituisce un semplice riferimento per conoscere almeno il "come", suffragato dalla statistica dei siti relativi a lesioni cerebrali: afasia motrice (zona di Broca), afasia sensitiva (zona di Wernicke), alessia e agrafia (circonvoluzione angolare). Per completare la comprensione di un fenomeno così importante, però, bisogna tener presente che il meccanismo ora esposto può operare solo se tutto il resto del cervello gli offre i materiali ideativi e semantico-concettuali da trattare e le zone prefrontali l'intenzione che motiva l'interazione linguistica: senza di esse infatti il meccanismo è silente, non per cause neurologiche ma per cause psicologiche, come nel mutacismo psicogeno, quando un soggetto parlante, cioè, smette di parlare e non perché sia divenuto incapace, ma perché non "vuole" più parlare.

§ 4 SINTESI AFFERENTE; SISTEMA D'EQUILIBRIO E CONTROLLO DEL TONO

1) **Schema, immagine del corpo e sintesi afferente**

Veniamo ora a ricomporre il sistema. Generalmente l'emisfero sinistro detiene in prevalenza centri unilaterali del linguaggio, indifferentemente per destrimani o mancini, il destro, invece, detiene in prevalenza centri di trattamento dei dati spaziali e temporali, anche quelli di uno spazio particolare ed intimo come il corpo proprio. Ovviamente in questa prevalenza sono coinvolte le aree terziarie, particolarmente responsabili dell'investimento psicologico-culturale dei dati forniti dalla sensibilità, essendo le primarie pariteticamente rappresentate su entrambi gli emisferi. È per questo motivo che credo si debba differenziare il concetto di schema corporeo (modello della disposizione del corpo determinato dall'integrarsi delle zone somestetiche primarie destra e sinistra), per un certo verso predeterminato nelle sue caratteristiche funzionali dall'appartenenza alla specie umana (eredità

genetica), da quello di immagine dei corpo (immagine raccolta da zone di integrazione delle diverse sensibilità e del movimento ed elaborata dall'emisfero destro) che si sviluppa con la crescita del soggetto, subendo l'influenza di un apprendimento sociale e venendo elaborato linguisticamente dall'emisfero sinistro (epigenesi).

In tal senso, mentre lo schema è una rappresentazione mentale di tipo sensomotorio che si esprime senza immagine e senza linguaggio, ma è capace, tuttavia, di fissare gli elementi più caratteristici dell'evento, entrando direttamente e inconsciamente in azione su ogni movimento automatico o volontario, e, seppur dopo che sono avvenuti, anche sui movimenti riflessi d'equilibrio del corpo, come un prerequisito spontaneo e necessario dell'azione, l'immagine diviene oggetto di investimento percettivo riflesso (coscienza) ed emotivo, sociale e culturale, vivendo così in un universo di significazione e di valore; cfr. bib. 58 e 59. Lo schema corporeo è continuamente presente e in funzione, offrendo un riferimento costante alle azioni, come lo è anche quel sistema che presiede all'organizzazione spazio-temporale del gesto che determina una coscienza dello spazio conosciuto (ambiente quotidiano) o quella dell'ordine temporale degli avvenimenti. Trattate forse nelle prime fasi evolutive individuali in modo non differenziato da entrambi gli emisferi, queste abilità, per il successivo maggior sviluppo dell'individuo, diventano suscettibili di trattamento culturale e sociale dei materiali fisiologici, sviluppando le dimensioni del tempo e dello spazio come la propria cultura le costruisce e le intende (cfr. bib. 60, 61 e 62).

Questi elementi percettivomotori sono molto importanti, perché, se per una lesione cerebrale vengono a cadere, il movimento volontario subisce forti deficit. Se è colpita la parte somestesica l'impulso volontario perde il suo specifico riferimento, distribuendosi in modo uguale sui muscoli agonisti e antagonisti ed impedendo il realizzarsi di un movimento organizzato; se è colpita invece la zona stereoesetica (area terziaria delle zone parieto-occipitali), il paziente perde la capacità di valutare i rapporti spaziali, per cui può confondere la sinistra con la destra, o non trovare più la strada di casa sua, o negare l'arto paralitico. E giacché, come ho riportato, queste funzioni sono bilaterali, ma l'emisfero destro prevale, è proprio quando si hanno lesioni in questo che si manifestano i deficit del controllo periferico maggiori e più caratteristici, cfr. bib. 63.

Con sintesi afferente si intende il complesso delle stimolazioni esterne e interne presenti all'individuo prima dell'azione. Pertanto non comprende soltanto schema corporeo e schema spazio-temporale, ma almeno anche due altri elementi: quello istintivo-emozionale prodotto dal primo blocco funzionale che può manifestarsi con impulsi chiaramente interpretabili (bisogni fisiologici e psicologici), ma anche con stati d'animo o sentimenti non altrettanto chiaramente interpretabili, tuttavia, notevolmente capaci di orientare l'azione volontaria della persona, perché espressione dei costituenti inconsci del suo psichismo, o ancor prima capaci di influire per via riflessa sulla postura (mediante il controllo del tono neuromuscolare) e per via condizionata sulla motricità automatica (tics, manierismi, uso dello spazio personale, gestualità di comunicazione, espressioni mimiche ecc.). L'altro elemento della sintesi afferente è quello caratterizzato dal restante complesso esterocettivo, sul quale non ci si sofferma, perché descritto già in precedenza.

Quello che si vuole evidenziare, invece, è che quest'ultimo complesso prende il sopravvento nelle concezioni che si incentrano su di un modello di motricità come RISPONDENTE alla situazione esterna (il modello del riflesso): si isola cioè un gesto dalla globalità del contesto relazionale, espressivo-comunicativo, cognitivo ecc. per presentarlo come un avvenimento DISCRETO, scatenato (nel migliore dei casi) o determinato (nel peggiore) dal complesso percettivo; un gesto che dipende in definitiva dall'ambiente. A quest'interpretazione degli Associazioneisti, però, si oppone quella dei Mentalisti che ipotizzano una mente sovraorganica determinante le scelte, o quella della Psicoanalisi che vede nel corpo prevalentemente la matrice dei bisogni e il supporto del linguaggio dell'inconscio. Entrambe queste ultime interpretazioni condividono il predominare delle percezioni interne, rispettivamente cosce e inconse, ma comunque sempre ampiamente intenzionali. Ai tempi d'oggi sta

prevalendo una terza via, quella degli Interazionisti (Costruttivisti sia su base ereditaria che su base apprenditiva).

2) Tono muscolare e struttura gerarchica del movimento

La motricità umana va considerata nella sua organizzazione complessiva come una struttura gerarchia integrata di due differenti funzioni: quella tonica (postura) e quella fasica (movimento). La prima costituisce il sottofondo della seconda ed è realizzata da un sistema esecutivo finale (comune ad entrambe) fondato sul riflesso miotatico, autocontrollato nell'innervazione reciproca a livello di ciascun segmento del Midollo Spinale, e poi a livello intersegmentale dalla porzione superiore del Midollo (Bulbo), a livello di tutto il corpo dal Mesencefalo sulla base delle informazioni propriocettive delle posizioni della testa (riflessi di raddrizzamento e di flesso-estensione crociata) e dal Cervelletto sulla base delle informazioni del recettore vestibolare (equilibrio). Il tutto accade fuori dalla consapevolezza del soggetto per regolazioni riflesse e automatiche.

Il tono, poi, è influenzato dallo stato emotivo-affettivo indotto dalla dimensione relazionale della situazione comunicativa (connotazione) e recepito in modo subcosciente dalla sostanza reticolare e dalla parte più antica del cervello (primo blocco), che va a controllare il motoneurone gamma del riflesso miotatico. Sulla base del tono muscolare, cioè della tensione (riflessa) finalizzata al mantenimento della postura, si inserisce il movimento (automatico o volontario) realizzato in conseguenza della dimensione specifica o cognitiva della situazione comunicativa (denotazione), che così inevitabilmente ad ogni atto ne altera di continuo gli equilibri. A questa continua fonte di disequilibrio, il Cervelletto risponde con un adattamento automatico della postura, utilizzando direttamente la sensibilità propriocettiva e vestibolare (labirinto dell'orecchio) ed indirettamente anche quelle visiva ed uditiva, per andare a controllare il motoneurone alfa del riflesso miotatico.

Inutile soffermarsi sulla funzione del tono, già ampiamente messa in risalto da Wallon e Le Boulch alle cui opere si rimanda, cfr. bib. 64 e 65. Piuttosto è interessante ricordare che non sempre l'adattamento della postura può realizzarsi con precisione e in modo integrato. Il vestibolo che registra le variazioni dell'equilibrio, infatti, è un centro collegato al cervelletto, ma gerarchicamente più basso di quello e perciò quando fa partire un suo riflesso in condizioni di pericolo, questo è più veloce del processo ordinario automatico di adattamento cerebellare della postura. È per questo che, ad una variazione improvvisa della base di appoggio, accade ineluttabilmente di lasciar cadere tutto ciò che si ha in mano, per ripristinare un vecchissimo riflesso di ricerca d'appiglio con gli arti superiori, cfr. bib. 66 e 67. Soltanto sapendo in anticipo che ci si troverà in quel frangente, la corteccia può preparare il corpo a sopportare la situazione e a dominare il riflesso di difesa. Altro elemento che può mettere in crisi l'adattamento della postura è il riflesso nocicettivo presente sulle vie di sensibilità come la vista e l'udito. Anche questi, tuttavia, sono controllabili (come nei pugili o negli altri praticanti sport di combattimento), perché, pur partendo da centri sottocorticali, può essere inglobato e direzionato (condizionato) entro altri automatismi specifici superiori; ma quando non è preparato, si estrinseca eneluttabilmente.

Secondo la prima indicazione può sembrare che il riflesso non abbia alcuna elaborazione, se per elaborazione si intende come già dicemmo la decisione su quale gesto compiere. E ciò è anche vero dal momento che la sua caratteristica fondamentale è proprio quella di provocare una risposta stereotipa (almeno nel riflesso semplice). Tuttavia, anche se riferita al "se" e al "quando", più che al "come", l'elaborazione è ampiamente presente anche nella motricità riflessa; soltanto va tenuto sempre presente che, ovviamente, si svolge del tutto al di fuori della coscienza. Intanto l'avvio della risposta dipende da un determinato grado d'intensità della stimolazione, di sotto al quale non c'è risposta. Poi il riflesso ha una graduazione d'implicazione e d'intensità che discende come abbiamo visto dalla sua organizzazione funzionale gerarchica.

Questa supposta carenza non deve venir intesa, infine, in senso negativo, perché nelle ordinarie condizioni di utilizzo (fuga da stimoli che possono nuocere, ripristino della postura ecc.) sono più importanti, teleonomicamente parlando, immediatezza e ineludibilità di risposta, che variabilità ed adattabilità. Questi, infatti, sono compiti che devono essere svolti dai centri superiori, cfr. bib. 68 e 69.

§ 5 MOVIMENTO VOLONTARIO E AUTOMATICO. CONTROLLO CENTRALE E PERIFERICO

1) **Movimento volontario e automatico**

Sull'organizzazione del tono antigravitario e dei riflessi intra e intersegmentari si inserisce, dunque, l'influenza dei centri corticali e subcorticali che apprestano un'azione adattata e precisata secondo il libero arbitrio del soggetto. Si tratta di un movimento o automatico, o volontario: il secondo andrebbe chiamato meglio movimento precisato, perché bisogna subito chiarire che si tratta di seguire le intenzioni volontarie del soggetto in entrambi. Quello che chiamiamo volontario, infatti, è un atto che per compiersi ha bisogno della costante attenzione della persona nel dirigerlo al conseguimento dell'obiettivo, mentre automatico è il gesto che non deve essere seguito costantemente dall'intenzione e dall'attenzione di chi lo compie, ma, al contrario, si realizza quasi del tutto autonomamente, perché ampiamente appreso (interiorizzato, sottocorticalizzato), lasciando l'attenzione dell'individuo, dopo la fase di individuazione dell'obiettivo o dell'intenzione, libera di lavorare su altri fattori, cfr. Controllo del movimento volontario in 4° approf.

È evidente che si può anche trattare del medesimo gesto, considerato nella sua fase d'apprendimento, per il primo tipo, e una volta appreso nel suo uso quotidiano, per il secondo. In definitiva perciò si può intendere che alla base del movimento sussista un unico complesso funzionale, differenziato nelle modalità applicative. Ed è chiaro che mentre per il movimento volontario la corteccia è coinvolta ampiamente per controllarlo, con quello automatico sono impegnati in prevalenza centri subcorticali, cfr. bib. 70, 71 e 72. Prima di andare avanti nell'approfondimento, bisogna ricordare che i contributi della Neurologia sull'argomento sono ancora da verificare e da univocare in un'unica visione, anche per l'impossibilità di estendere certi esperimenti all'uomo; perciò quanto segue è da intendere come una teoria in attesa di convalida da ulteriori sperimentazioni e ricerche.

Poco meno di un minuto secondo prima di un movimento non riflesso, si può evidenziare un lungo periodo di attivazione di tutta la Corteccia bilaterale (Potenziale di preparazione); contemporaneamente sono attive anche zone sottocorticali (Nuclei della base e Cervelletto). Immediatamente prima del movimento si può registrare un alto potenziale elettrico più specifico sulla Zona Motoria che controlla i gruppi muscolari interessati al movimento. Durante il movimento sono attive le Zone corticali somestetiche e il Cervelletto. Studiando le connessioni nervose, e tempi d'attivazione delle varie zone e gli effetti delle lesioni a carico di specifici siti cerebrali, si considera che l'intenzione COSCIENTE del gesto si possa formare per effetto del lavoro globale del cervello e in particolare delle zone anteriori (prefrontali). Non avendo corrispondenze dirette con la periferia corporea, il lobo frontale, infatti, risulta costituito da un complesso di relazioni e integrazioni delle zone sensoriali e motorie; appare quindi la sede elettiva per lo sviluppo del pensiero, tramite l'intervento fondamentale del linguaggio e di ogni altro elemento capace di organizzare le percezioni (immagini, schemi, modelli), senza poi dimenticare il collegamento col sistema libico già ampiamente citato.

Com'è possibile interpretare a questo punto il lavoro cerebrale? Nel corso della vita quotidiana una precisione differenziale (per il soggetto) del gesto è richiesta solo in certi momenti; tutto il resto, diciamo il 90% dell'azione, si svolge nell'ambito di una precisione consuetudinaria. Questa grande parte del movimento si realizza automaticamente, cioè mediante un ADATTAMENTO subcosciente di schemi di azione già a suo tempo appresi e memorizzati. In questo caso, dunque, la corteccia, dopo

aver determinato l'intenzione dell'azione, fa intervenire i centri sottocorticali (Nuclei della base e Cervelletto) che ripescano un programma di movimento memorizzato, adeguato alla consegna, e lo coordinano al variare della postura e al sopravvenire del movimento medesimo. Attraverso il Talamo questo programma ritorna alla corteccia frontale dove un centro della zona secondaria motoria ne comanda l'entrata in funzione (temporalizzando i singoli sottoprogrammi) alla zona motoria. E questa scarica gli impulsi per la contrazione degli specifici gruppi muscolari. Mano a mano che il movimento automatico si esplica, i centri sottocorticali continuano a controllarlo adeguandolo alle eventuali variazioni sopravvenute (ciclo chiuso di controllo cerebellare). Se, però, nel corso dell'azione la volontà vuole intervenire, può farlo direttamente tramite il sistema piramidale che si sovrappone allo schema automatizzato (ADATTAMENTO VOLONTARIO).

Nel movimento chiamato volontario (meno del 10% rimanente della gestualità quotidiana nell'adulto, ma probabilmente molto di più nel bambino e nel fanciullo), dopo che si è determinata l'intenzione cosciente, sulla base dei parametri percettivi disponibili nella sintesi afferente, la corteccia elabora un modello d'azione (schema d'azione anticipato) che viene avviato al centro temporalizzatore e poi all'area motoria che controlla primariamente i gruppi muscolari interessati. Tale modello corticale, anticipato rispetto al movimento vero e proprio, si realizza probabilmente nella zona motoria secondaria ed anche per effetto dell'intervento combinato di alcune zone somestesiche secondarie che, tra le cellule sensoriali, presentano anche un numero rilevante di cellule motorie piramidali, cfr. bib. 73.

Prima dell'esecuzione però questo schema d'azione anticipato viene comparato, nel Cervelletto, ad un modello previsionale degli eventi corporei e spazio-temporali che permette, nel ritorno alla corteccia, la previsione delle ipotetiche, ancora, conseguenze del gesto e l'eventuale corretta riprogrammazione del medesimo prima del suo effettivo realizzarsi (feedforward).

2) Controllo centrale e periferico

Per tre volte è stato nominato il Cervelletto a proposito del controllo motorio e tre sono appunto le parti funzionali che costituiscono questo organo. La prima (archicerebellum) controlla da un lato il tono posturale mediante i nuclei vestibolari, informando dall'altro lato la sostanza reticolare delle variazioni di posizione del corpo (cfr. bib. 73); la seconda (paleocerebellum) corregge e regola con un commento continuativo ogni movimento, nel momento in cui si va realizzando, sulla base di una ricca reafferenza. Infatti mentre riceve informazioni sul gesto che si intende compiere direttamente dalla via motoria piramidale, riceve anche informazioni sull'andamento reale del gesto dalla periferia (sensibilità propriocettiva inconscia), così poi può emettere informazioni per la corteccia che a sua volta può modificare i precedenti comandi. Questo meccanismo descrive un feedback (retroazione) per il controllo periferico a ciclo chiuso del gesto: si ha infatti una retroazione quando alcune variabili della risposta motoria o dell'azione in corso di svolgimento sono comparate con lo schema d'azione elaborato all'inizio dell'attività e, se viene rilevata una differenza, si ha la possibilità di correggere la risposta in corso o al suo completamento. In questo caso l'errore nell'esecuzione è l'obiettivo, dunque, del controllo periferico a ciclo chiuso.

Ma la terza porzione del Cervelletto (neocerebellum) ha un'altra funzione, e precisamente quella di costruire un modello previsionale proiettando avanti nel tempo lo schema anticipato dalla corteccia del movimento volontario o automatico e soprattutto desumendone le implicazioni nel senso dell'adeguatezza o meno al raggiungimento dell'obiettivo. In questo caso si tratta di un controllo centrale a ciclo aperto, tramite un meccanismo di feedforward (avanziazione), dove il controllo avviene prima dell'effettuazione del movimento e ciò che si corregge, perciò, non è l'errore nell'esecuzione che ancora deve avvenire, ma il programma d'azione. Per correggere il programma, tuttavia, senza godere di indicazioni attuali, poiché il movimento non è ancora incominciato, è senz'altro necessario fare riferimento agli esiti delle azioni utilizzate in simili frangenti, memorizzate a questo scopo. In altre

parole questo dispositivo permette di PREREGOLARE l'azione sulla base dell'esperienza maturata in precedenza, cfr. bib. 74, 75 e 76.

Per tutto ciò Eccles può a ragione dire: "La mia tesi è che nel corso della vita, e particolarmente nei primi anni, noi siamo impegnati in un programma di istruzione permanente per il Cervelletto. In conseguenza di ciò ... può eseguire tutti questi eccezionali compiti che noi stabiliamo che esegua nell'ambito dell'intero repertorio dei nostri movimenti di abilità, nelle gare, nelle attività tecniche, nell'attività musicale, nel linguaggio, nella danza, nel canto e così via." Cfr. bib. 77. Quando il Neocerebellum non funziona regolarmente si hanno problemi di coordinazione dei movimenti (dismetria): i gesti diventano esageratamente ampi o si fermano prima del compimento per poi riprendere oltrepassando la meta. Se è ammalato il Cervelletto più antico, invece si hanno problemi di assestamento della postura (atassia) e dell'equilibrio. Anche i Nuclei della base hanno una funzione di controllo che si ipotizza sinergica a quella del neocerebellum, seppure non si sia ancora in grado di descriverla compiutamente, perché contrariamente al cervelletto, essi intrattengono relazioni con diverse aree della corteccia, anche prefrontali. Certo si può osservare comunque che quando sono ammalati (morbo di Parkinson e corea di Huntington) causano vistosi tremori, movimenti incontrollati o rigidità.

Qui si è appena accennato al problema della disabilità motoria e psicomotoria, tuttavia, per chi vuole approfondire le varie prospettive connesse con l'integrazione scolastica dei disabili è consigliabile accedere a trattazioni specifiche, anche dello scrivente, o di avviarsi al modulo di II livello del Centro studi ITARD.

Biblio ed emerografia di riferimento

- 1) E.R. Hilgard e G.H. Bower, *Le teorie dell'apprendimento*, Angeli, Milano '70
- 2) P.R. Hofstätter, *Psicologia*, F. Feltrinelli, Milano '71 e T. E. Clayton, *Insegnamento e apprendimento da un punto di vista psicologico*, A. Martello, Milano '67
- 3) M. Cannao e G. Moretti, *Il grave handicappato mentale*, Armando Roma 1982, pag. 33
- 4) AA.VV., *Piani e strutture del comportamento*, Angeli, Milano 1979, pag. 36
- 5) K.H. Pribram, *I linguaggi del cervello*, Angeli Milano 1976, pag. 23
- 6) A.A.VV., *Neuropsicologia e cibernetica*, Ubaldini, Roma 1973
- 7) N. Bernstein, *The coordination and Regulation of movement*, cit. da J.S. Bruner, *Prime fasi dello sviluppo cognitivo*, Armando Roma 1979
- 8) Articoli sulla percezione visiva e olfattiva da AA.VV., *Il Cervello, Letture da Le Scienze*, Ed. Le Scienze, Milano, '78, cap. III da pag. 79 a pag. 109
- 9) AA.VV., *I sistemi nervoso ed endocrino*, Fabbri, Milano 1979
- 10) A. Oliverio, *Biologia e comportamento*, Zanichelli, Bologna 1982
- 11) T. J. Teyler, *Introduzione alla Psicobiologia*, Zanichelli, Bologna 1977
- 12) AA.VV., *Le basi biologiche del comportamento*, Mondadori, Milano 1978
- 13) A.R. Lurija, *Le funzioni corticali superiori nell'uomo*, Universitaria, Firenze '67 e *L'organizzazione funzionale cerebrale*, in "Il Cervello, Letture da Le Scienze", a cura di A. Majorana, Ed. Le Scienze, Milano 1978, da pag. 26 a pag. 33
- 14) E. R. Kandel et alii, *Fondamenti delle Neuroscienze e del Comportamento*, Ed. Ambrosiana, Mi '99
- 15) G. Rizzolatti e C. Sinigaglia, *So quel che fai*, R. Cortina Milano 2006
- 16) C. V. Brewer, *L'organizzazione del sistema nervoso*, Boringhieri, Torino 1977
- 17) C. Landreth, *Comportamento e apprendimento nell'infanzia*, La Nuova Italia, Firenze 1970
- 18) AA.VV., *Lo sviluppo del bambino e la personalità*, Zanichelli, Bologna 1976
- 19) S. Freud, *Tre saggi sulla teoria sessuale*, Rizzoli, Milano 1981

- 20) S. Freud, *Il disagio della civiltà e altri saggi*, Boringhieri, Torino 1975
- 21) S. Freud, *Introduzione allo studio della psicoanalisi*, Astrolabio, Roma 1965
- 22) C. Brenner, *Breve corso di psicoanalisi*, Martinelli, Firenze 1967
- 23) R.A. Spitz, *Il primo anno di vita del bambino*, Giunti, Firenze 1980
- 24) F. Fornari, *La vita affettiva originaria del bambino*, Feltrinelli, Firenze 1967
- 25) A. Freud, *L'io e i meccanismi di difesa*, Martinelli, Firenze 1967
- 26) I. M. Josselin, *L'adolescente e il suo mondo*, Giunti, Firenze 1973
- 27) H. Deutsch, *Problemi dell'adolescenza*, La Nuova Italia, Firenze 1974
- 28) P. Blos, *L'adolescenza*, Angeli Milano 1980
- 29) J. Piaget e B. Inhelder, *Dalla logica del fanciullo alla logica dell'adolescente*, Giunti, Firenze 1993
- 30) AA. VV., *Problemi psicosociali dell'adolescenza*, Boringhieri, Torino 1973
- 31) E. H. Erikson, *Gioventù e crisi d'identità*, Armando, Roma 1977
- 32) AA. VV., *Pedagogia e Psicoanalisi*, Guaraldi, Firenze 1973
- 33) E. H. Erikson, *Infanzia e società*, Armando, Roma 1976
- 34) D. H. Winnicott, *Sviluppo affettivo e ambiente*, Armando, Roma 1976
- 35) D. H. Winnicott, *Gioco e realtà*, Armando, Roma 1977
- 36) AA. VV., *Il bambino nella Psicoanalisi*, Zanichelli, Bologna 1976
- 37) S. Nicasì, *La Psicoanalisi e il mondo dell'infanzia*, Loescher, Torino 1978
- 38) L. S. Luzzatto e R. Ferri, *Fenomenologia e corporeità*, Kappa, Roma 1977
- 39) M. G. Carlini e P. Farneti, *Il corpo in Psicologia*, Patron, Padova 1979
- 40) M. G. Carlini e P. Farneti, *Il ruolo del corpo nello sviluppo psichico*, Loescher, Torino 1981
- 41) A. N. Leontev, *Attività, Coscienza, Personalità*, Giunti, Firenze 1977
- 42) AA. VV. *L'inconscio nella Psicologia sovietica*, Ed. Riuniti, Roma 1972
- 43) A. Damasio, *Emozione e coscienza*, Adelphi Milano 2000
- 44) M. P. Dellabiancia, *Il corpo nella pranoterapia*, in www.dellabiancia.it/educazione/fisica e L. Cavana, *Il corpo come strumento di conoscenza. Il punto di vista delle Vie orientali*, in "Voci del corpo" a cura di L. Balduzzi, La Nuova Italia Firenze 2002
- 45) M. Solms e O. Turnbull, *Il cervello e il mondo interno*, Raffaello Cortina Ed. Milano 2004, citato a pag. 108
- 46) E. Mircea, *Lo Yoga immortalità e libertà*, Sansoni, Milano 1982 e *Tecniche dello Yoga*, Boringhieri Torino 1984
- 47) M. P. Dellabiancia, *Educazione motoria e scala di sviluppo delle abilità*, in www.dellabiancia.it
- 48) A. Oliverio, *Biologia e comportamento*, Zanichelli Bologna 1982; *Esplorare la mente*, R. Cortina Milano 1998; *La mente*, Rizzoli Milano 2001; *Motricità, Linguaggio e Apprendimento*, in www.edscuola.it
- 49) E. R. Kandel el Alii, *Fondamenti delle neuroscienze e del comportamento*, Ambrosiana Milano 1999, capitolo 32, ed. orig. 1995
- 50) D. Kimura, *L'asimmetria del cervello umano*, in AA.VV., "Il Cervello. Letture da Le Scienze", Ed. Le Scienze, Milano 1978, da pag. 145 a pag. 153
- 51) K.R. Popper e J.C. Eccles, *L'io e il suo cervello*, Armando, Roma 1982
- 52) E. Mayr, *Biologia ed evoluzione*, Boringhieri, Torino 1982
- 53) J. Rufflé, *Dalla biologia alla cultura*, Armando, Roma 1978
- 54) L.S. Vygotskij, *Pensiero e linguaggio*, Giunti, Firenze 1966
- 55) L. Mecacci, *Cervello e storia*, Ed. Riuniti, Roma 1977
- 56) N. Geschwind, *Il linguaggio e il cervello*, da AA.VV., *Il cervello*, Letture da Le Scienze, Ed. Le Scienze, Milano 1978, da pag. 209 a pag. 215
- 57) E. Miller, *La localizzazione delle funzioni cerebrali*, Il Mulino, Bologna 1973
- 58) P.. Schilder, *Immagine di se e schema corporeo*, Angeli, Milano 1973
- 59) G. Broyer, *Lo schema corporeo*, in AA.VV., *Corpo e movimento*, Borla, Roma 1989, pagg. 29 - 48

- 60) E.T. Hall, *La dimensione nascosta*, Bompiani, Milano 1968
- 61) D. Efron, *Gesto, razza, cultura*, Bompiani, Milano 1974
- 62) J. e S. Sauvy, *Il bambino alla scoperta dello spazio*, Feltrinelli, Milano 1974
- 63) K.H. Pribram, *La Neurofisiologia della memoria*, da "Il Cervello, Lettura da Le Scienze", Ed. Le Scienze, Milano 1978, da pag. 157 a pag. 168
- 64) H. Wallon, *L'origine del carattere nel bambino*, Ed. Riuniti, Roma, 1974
- 65) J. Le Boulch, *Verso una scienza del movimento umano*, Armando, Roma 1975
- 66) J. F. Fulton, *Fisiologia del sistema nervoso*, Boringhieri, Torino 1962
- 67) W. F. Ganong, *Fisiologia medica*, Piccin, Padova 1970
- 68) L. E. Morehause e A. T. Miller, *Fisiologia dello sport e del lavoro*, Cedam, Padova 1960
- 69) K. Pearson, *Il controllo della locomozione animale*, da "Le Scienze", n. 103 dell'anno 1977, da pag. 38 a 48
- 70) C. Eyzaguirre, *Fisiologia del sistema nervoso*, Il pensiero Scientifico, Roma 1970
- 71) E. V. Evarts, *I meccanismi cerebrali durante il movimento*, da AA.VV. "Il Cervello, Letture da Le Scienze", Ed. Le Scienze, Milano 1978, da pag. 113 a pag. 120
- 72) A. C. Guyton, *Elementi di fisiologia umana*, Piccin, Padova 1980
- 73) K. R. Popper e J. C. Eccles, Op. Cit. al n. 44, pag. 349 e seguenti
- 74) R. Nicoletti, *Il controllo motorio*, Il Mulino, Bologna 1992, in particolare i capitoli VI e VII
- 75) J. C. Eccles, *La conoscenza del cervello*, Piccin, Padova 1977
- 76) R. R. Llinas, *La corteccia del cervelletto*, da "Il Cervello, Letture da Le Scienze", Ed. Le Scienze, Milano 1978, da pag. 120 a pag. 131
- 77) K. R. Popper e J. C. Eccles, Op. Cit. al n. 44, pag. 352