

Motricità, linguaggio e apprendimento

*Alberto Oliverio**

Quando pensiamo alla mente e all'apprendimento privilegiamo spesso una concezione logico-astratta: ci soffermiamo sul "linguaggio della mente" e sui suoi aspetti incorporei e molto meno sulla concretezza e sulle azioni motorie, malgrado azioni e movimenti abbiano un ruolo centrale nei processi di formazione e rappresentazione mentale.

I movimenti non sono un puro meccanismo, un mezzo per ottenere qualcosa: le azioni motorie esercitano un ruolo importante nella formazione della mente, condizionano l'apprendimento e sono alla base del linguaggio. Movimenti, schemi motori e rapporti fisici con la realtà sviluppano infatti la logica mentale, sottendono nessi importanti quali il prima e il dopo, sono alla base dei rapporti di causa ed effetto, della concatenazione dei diversi anelli che formano la catena del pensiero.

In genere, quando pensiamo alla mente ci soffermiamo sulle percezioni e le "idee", non sul movimento: eppure azioni e movimenti hanno un ruolo centrale nei processi di rappresentazione mentale a partire dalle fasi embrionali quando l'embrione comincia a compiere una serie di movimenti che costituiscono i mattoni dei futuri comportamenti motori. L'embrione è anzitutto un organismo motorio, prima ancora di essere un organismo sensoriale: nella fase embrionale, in quella fetale e in quella della prima infanzia l'azione precede la sensazione e non il contrario, vengono compiuti dei movimenti riflessi e poi se ne ha la percezione. Nella maggior par-

* Alberto Oliverio insegna Psicobiologia dello sviluppo presso la Facoltà di Psicologia dell'Università di Roma "La Sapienza" e dirige l'Istituto di Psicobiologia e Psicofarmacologia del CNR. I suoi interessi sono rivolti al tema delle differenze individuali e dei rapporti tra fattori cognitivi ed emotivi. È autore di numerosi saggi, tra cui *Esplorare la mente* (Milano, Raffaello Cortina, 1998) e *La mente* (Milano, Rizzoli, 2001). (alberto.oliverio@uniroma1.it).



te delle rappresentazioni schematiche della mente e dell'apprendimento, a partire da quelle dei filosofi empiristi inglesi, John Stuart Mill e Alexander Bain, è invece la sensazione a precedere l'azione: in questi schemi si passa da un iniziale input sensoriale alla sua analisi (la percezione) e infine all'output motorio. Eppure potremmo rappresentare questa sequenza in modo inverso attraverso uno schema non lineare ma ciclico: si può infatti partire dal passo iniziale, il movimento, alle conseguenze che questo esercita sull'ambiente circostante, alla percezione di queste conseguenze e alle modifiche che questa percezione esercita su movimenti successivi. Pensare, quindi, non sarebbe altro che decidere quale movimento realizzare successivamente. Il movimento, in quest'ottica, non è il mezzo per soddisfare le necessità dei centri cerebrali superiori, la mente appunto: è invece l'attività mentale ad essere il mezzo per eseguire le azioni...

MOTRICITÀ E APPRENDIMENTO DEL NEONATO

Il rapporto che esiste tra motricità e funzioni cognitive è ben evidente nel corso delle prime fasi dello sviluppo. All'inizio il neonato ha un ruolo prevalentemente passivo e si limita a notare una serie di movimenti e azioni che sono causa di eventi che riguardano il suo benessere. Ogni mossa e spostamento della mamma hanno conseguenze positive sul neonato: le carezze soddisfano la necessità di un contatto fisico, il cibo placa la fame, i gesti e le parole della mamma rispondono alla sua curiosità e necessità di esplorare il mondo. Un adulto che si avvicina, che gli parla, che gli sorride, che lo culla, che lo sfama: questo è il mondo iniziale del neonato fatto di movimenti dell'adulto che comportano effetti positivi, che sono alla base di nessi di causa ed effetto e che contemplan importanti concetti spazio-temporali (prima, dopo, allora ecc.), alla base di un sistema logico prelinguistico (Barbeau 1990).

Ben presto, però, è il neonato stesso, con i suoi movimenti sempre più precisi e selettivi, a produrre azioni che comportano modifiche nell'ambiente che lo circonda. Lo sviluppo della motricità avviene gradualmente dopo la nascita e attraverso tappe ben precise. Dopo qualche settimana, il neonato è in grado di compiere movimenti grossolani, ad esempio di avvicinare al suo corpo un oggetto attraverso uno spostamento poco selettivo del braccio; dal secondo al quarto mese può afferrare qualcosa, ad esempio il proprio piedino, stringendo simultaneamente tutte le dita della mano; in seguito è in grado di orientare le mani e di sviluppare quella che si chiama una "presa di precisione", vale a dire opporre l'indice e il pollice della mano per afferrare un piccolo oggetto, ad esempio un cucchiaino. Queste azioni motorie sono man mano sempre più coordinate e basate su un susseguirsi di atti che dipendono da memorie che codificano sequenze di movimenti in grado di rispondere a situazioni specifiche. Queste sequenze, che rassomigliano a delle "parti" che vengono recitate a memoria, al punto che sono state definite col termine di "copioni" (*script*),

si arricchiscono ben presto di complesse sequenze muscolari, volte a imitare le espressioni facciali dell'adulto. I movimenti degli arti e la mimica sono un nucleo iniziale di schemi motori, memorie muscolari intorno a cui si addensano le memorie successive, una specie di ordito che man mano verrà "lavorato" dalle successive esperienze e dalle attività della mente. Queste stesse memorie muscolari o "corporee" – il termine tecnico è "procedurali", in quanto esse implicano una serie di procedure e non di significati, come avviene per le memorie "semantiche" – costituiscono il punto di partenza dei successivi apprendimenti linguistici, anch'essi fondati su sequenze motorie che non sono molto differenti dall'organizzazione dei movimenti della mano o della testa ma che servono per produrre una serie coordinata di suoni significativi. La capacità di comprendere e di esprimere per mezzo della parola viene insomma acquisita al seguito di altre funzioni. La cosiddetta "sincronia interattiva" nei neonati ne è il primo segno: bambini di poche settimane di vita producono col corpo una serie di micromovimenti in risposta al linguaggio umano; una specie di "danza" attivata dalla voce umana, dal ritmo della lingua (qualunque lingua). La stessa "danza" non compare quando il bambino sente altri suoni, il che, da un lato, depone a favore di una sensibilità innata alla voce umana e dall'altro indica come il linguaggio non sia un fatto puramente mentale o astratto, ma coinvolga anche il corpo. Anche colui che parla accompagna il linguaggio con dei micromovimenti (mimici e del corpo) che rendono le sue verbalizzazioni significative, "calde", tali da motivare l'ascoltatore a partecipare alla "danza".

Lo sviluppo delle memorie motorie nel corso dell'infanzia indica che la memoria non è soltanto un fatto mentale ma anche corporeo, basato su procedure non "esplicitabili", dato che è molto difficile, se non impossibile, formalizzarle in termini linguistici. Come si fa a descrivere la sequenza di movimenti delle labbra e della lingua che servono per produrre suoni come "mamma", "pappa" "nanna"? L'azione racchiude in sé un sapere del corpo che può essere acquisito soltanto attraverso l'imitazione e la pratica, come nel caso del linguaggio che si realizza a partire da catene coordinate di movimenti degli organi vocali, memorizzate attraverso successive ripetizioni.

La motricità è anche al centro di forme di comunicazione non verbale: gli antropologi che hanno studiato diverse modalità comunicative hanno notato come in alcune società africane esista un elaborato sistema di linguaggio "tamburellato" che non dipende dagli organi vocali ma dai movimenti delle mani che percuotono la membrana del tamburo attraverso cadenze motorie che sono state apprese a partire dall'infanzia. D'altronde, ogni cultura possiede le sue pratiche corporee che si riferiscono al salutare, al ridere, al mangiare e via dicendo tanto che, secondo l'antropologo francese Marcel Mauss, un ragazzo entra nel mondo degli adulti grazie all'acquisizione e al possesso di capacità gestuali che fanno parte della memoria corporea collettiva: la memoria corporea riassumerebbe infatti nel presente del corpo il passato di una cultura...



MOTRICITÀ E CERVELLO

Questo modo di guardare alla realtà mentale può apparire insolito o paradossale: in genere le funzioni motorie vengono considerate di basso livello, subordinate a quelle strutture che sono alla base delle più elevate attività cognitive, della razionalità del pensiero “puro”. Il corpo viene così valutato nella maggior parte delle culture come un'entità inferiore a quella mentale. In realtà il pensiero cosciente è strettamente correlato con l'attività di aree della corteccia responsabili di movimenti reali o “immaginati”: in altre parole, la stessa area del cervello entra in funzione quando immaginiamo un movimento e quando questo viene pianificato. Secondo alcuni neurofisiologi, come William Calvin, l'evoluzione di alcuni comportamenti motori, ad esempio la capacità di costruire e manipolare strumenti, ha fatto sì che si affermasse una logica motoria basata sulla strutturazione di una sequenza di passi concatenati: man mano, la corteccia motoria (dove sono i neuroni che controllano i muscoli) e quella pre-motoria (dove sono i neuroni che pianificano i movimenti muscolari) hanno sviluppato una capacità sequenziale inducendo un'area, quella di Broca che controlla la motricità del linguaggio, a generare quelle sequenze di sillabe che sono alla base della parola. Parlare, cioè articolare una sequenza di sillabe, rassomiglierebbe, in termini di eventi muscolari sequenziali, a scheggiare una selce o a scagliare una lancia. In modo analogo, esperienze cenestetiche come in alto e in basso, destra e sinistra, dentro e fuori, hanno man mano fornito la base fisica e concreta per lo sviluppo di simboli e metafore utilizzate nel linguaggio. Esiste insomma uno stretto intreccio tra motricità e pensiero, sia dal punto di vista della storia naturale dell'uomo, sia dal punto di vista ontogenetico, sia dal punto di vista del modo in cui la nostra mente funziona oggi: ad esempio, concentrarsi su un problema, vale a dire pensare, implica un aumento della tensione muscolare del collo come d'altronde rilassare i muscoli facciali o atteggiare il volto a un sorriso può modificare le nostre sensazioni ed emozioni.

Il nostro cervello è un enorme archivio di repertori motori, complessi schemi che lo psicologo russo Alexander Lurija ha definito “melodie cinetiche” per indicarne la complessa fluidità che ognuno di noi mette all'opera nei diversi atti della vita quotidiana. Le tecniche di visualizzazione cerebrale (il cosiddetto *brain imaging*, che a partire dalla TAC ha portato alla PET e alla risonanza magnetica) hanno contribuito alla conoscenza degli schemi motori: se si chiede a una persona di pensare di muovere la mano, come se volesse afferrare un oggetto, la sua corteccia premotoria, situata anteriormente alla corteccia motoria, nel lobo frontale, diviene attiva, il che dimostra come vi siano aree del cervello che predispongono il movimento e aree che lo realizzano. Questo parallelismo tra immaginazione e azione vale anche per l'immaginazione e la sensazione: così, il solo immaginare un oggetto, ad esempio una rosa, porta all'attivazione delle aree della corteccia visiva che vengono attivate quando quell'oggetto viene effettivamente visto. Si può dimostrare chiaramente che la pianificazione precede l'azione tramite questa semplice dimostrazione. Immaginate di essere seduti in

un ambiente tranquillo, di tenere gli occhi chiusi e di fare in modo che le vostre braccia siano appoggiate sui braccioli di una sedia o sul piano di una scrivania. Ora rilassate profondamente le braccia. Immaginate che qualcuno vi chieda di sollevare con calma il braccio destro: pensate di compiere questa azione ma non eseguitela. A questo punto smettete di pensare a quest'azione e rilassate il braccio destro: proverete la sensazione di aver "liberato" i muscoli del braccio, già un po' tesi in quanto era stato pre-attivato lo schema motorio necessario ad alzare l'arto. La pianificazione precede sempre il movimento reale e i muscoli sono in uno stato di preallarme, una condizione diversa rispetto a quella che si verifica quando, ad esempio, il braccio viene effettivamente sollevato. Ci si può rendere conto di ciò, alzando realmente il braccio destro.

La corteccia premotoria ha quindi il compito di preparare all'azione, anche se la decisione di compiere un movimento dipende da "decisioni" prese dalle aree anteriori della corteccia frontale – l'area prefrontale 46 che si attiva qualche millesimo di secondo prima della corteccia premotoria – e infine da quella motoria. Quando perciò decidiamo di compiere un movimento, la decisione viene presa dalla corteccia prefrontale e l'azione della mano discende da una cascata di eventi, nell'ordine la corteccia prefrontale, quella premotoria e infine quella motoria. L'autonomia dell'io, però, non è totale, nel senso che la motricità occupa un posto talmente rilevante nella nostra mente e nelle strategie cognitive che il nostro cervello reagisce in modo inconscio ai movimenti compiuti dagli altri: la nostra corteccia premotoria si attiva infatti anche quando osserviamo gli altri compiere un movimento, anche quando non abbiamo alcuna intenzione di muoverci ma sono gli altri a muoversi. Anche se non ce ne rendiamo conto, la corteccia cerebrale "fotocopia" i movimenti che vediamo effettuare intorno a noi attraverso l'azione dei cosiddetti *mirror neurons* (neuroni specchio), un particolare tipo di neuroni caratterizzati dalla capacità di "rispecchiare" i movimenti altrui.

I *mirror neurons* sono localizzati nella corteccia premotoria dei primati e si attivano quando un animale osserva un altro animale compiere un movimento. Ad esempio, se una scimmia afferra un oggetto, nella scimmia che la osserva si attivano quei neuroni che, nella corteccia premotoria, potrebbero preparare i neuroni della corteccia motoria a realizzare una simile azione. I *mirror neurons* stabiliscono quindi una sorta di ponte tra l'osservatore e l'attore, sono attivi anche nella nostra specie e sono al centro di comportamenti imitativi, molto importanti soprattutto nella fase infantile. Immaginate un bambino che, per la prima volta, vede un altro bambino fare una capriola: nel suo cervello, in modo automatico, si attivano gruppi di neuroni che elaborano lo schema di un movimento che, fino a quel momento, il bambino-osservatore non ha mai compiuto. Lo schema implica sequenze muscolari, come puntare le braccia, raccogliere il corpo, estendere le gambe, flettere la testa, compiere un giro su sé stessi, ritornare in piedi. Nessuna parola riuscirebbe a trasmettere al bambino l'informazione necessaria per descrivergli la capriola, nessuna astrazione sarebbe in grado di emulare la concretezza del movimento: il bambino



deve provare, azzardare la sua prima capriola, anche se quella capriola è stata in qualche modo già preparata dai *mirror neurons* che hanno interiorizzato le sequenze motorie necessarie. D'altronde questi stessi neuroni giocano un ruolo fondamentale nell'intelligenza linguistica, quando un bambino piccolo impara ad imitare i suoni degli adulti, a compiere quei movimenti delle labbra e del volto che lo porteranno ad imitare, sia pure con qualche sforzo, i movimenti che ha visto mettere in atto dagli adulti: la motricità, e i *mirror neurons* che ne facilitano alcuni aspetti, è un aspetto molto importante dello sviluppo infantile. È attraverso l'osservazione e l'azione motoria che un bambino compie una serie di apprendimenti concreti che, man mano, si trasformeranno in concetti astratti.

Il meccanismo dei *mirror neurons* è talmente potente che questi neuroni non si attivano soltanto quando osserviamo il movimento eseguito da un'altra persona che, ad esempio, prende una chiave inglese e stringe un bullone: Jeannerod (Jeannerod *et al.* 1995; Crammond 1997) hanno dimostrato che i *mirror neurons* si attivano anche quando vediamo sullo schermo del computer un braccio virtuale che compie lo stesso movimento o l'immagine schematizzata di una persona umana che cammina o corre. In tutti questi casi, i segnali visivi vengono inviati alla corteccia premotoria e questa reagisce attivando gruppi di neuroni che anticipano un'azione che non necessariamente si verificherà. Perciò la corteccia di un bambino che assiste a un filmato o a un cartoon, i cui personaggi compiono movimenti mirabolanti, si attiva freneticamente, preparando quei movimenti e in qualche misura contribuendo a eccitare il sistema nervoso del bambino.

LA REALIZZAZIONE DI SEQUENZE MOTORIE APPROPRIATE

La motricità dipende quindi da un complesso intreccio di predisposizioni ed esperienze, dalla suscettibilità del nostro cervello a registrare le azioni motorie percepite dall'occhio e dalla progressiva edificazione di movimenti che vengono corretti e affinati per prove ed errori e infine consegnati a una memoria che ne codifica gli schemi e ne consente la realizzazione in forma stereotipata, fluida. Ci si può rendere ben conto del lungo processo che comportano alcuni apprendimenti motori pensando alla difficoltà che ha presentato l'apprendimento della scrittura, quando eravamo piccoli, e alla fluidità con cui oggi scriviamo. Il controllo motorio è in qualche modo il contrario di quanto si verifica nel caso della percezione: percepire significa costruire una rappresentazione del mondo esterno mentre l'azione inizia con un'immagine delle conseguenze desiderate di un movimento e si conclude infine nella sua esecuzione. Agire, vale a dire compiere movimenti, significa quindi iniziare da una mappa dell'ambiente, cioè da coordinate che dipendono dalla corteccia parietale e dall'ippocampo, una struttura sottocorticale responsabile di numerosi aspetti delle memorie spaziali. Queste coordinate passano alla corteccia pre-

motoria, che rappresenta il movimento, e infine a quella motoria, la corteccia “primaria” che lo esegue.

Il controllo motorio dipende da un complesso sistema gerarchico fondato su strutture corticali e sottocorticali: tra queste occupano un posto importante i cosiddetti gangli della base (nucleo striato, *accumbens*) che controllano attività cognitive come le memorie spaziali, l'esecuzione di azioni motorie in un determinato contesto, componenti motivazionali dell'apprendimento (Coccarello *et al.* 2000). Corteccia e gangli della base sono strettamente allacciati tra di loro e controllano sia gli aspetti motivazionali di un movimento (la preparazione all'azione), sia gli aspetti contestuali (l'esecuzione del movimento), sia il suo stato di esecuzione, anche attraverso la partecipazione del cervelletto. Gangli della base e cervelletto intervengono anche nel linguaggio, il che aumenta sempre più i punti di contatto tra motricità e linguaggio.

In che modo questo complesso sistema di gerarchie si traduce nell'azione e soprattutto in un'azione estremamente rapida, nei cosiddetti movimenti balistici? Afferrare un oggetto al volo, lanciarne un altro per colpire un bersaglio in movimento, dare un calcio a un pallone passato da un altro giocatore ma anche profferire parole e parole con grande fluidità implica tempi estremamente rapidi in cui non c'è spazio per correzioni che dipendano da meccanismi di retroazione sensoriale: una volta iniziato, un movimento a grande velocità ha successo o fallisce ma non è suscettibile di correzioni. Per avere un'idea del fattore tempo basti considerare che il tempo minimo necessario perché un segnale nervoso che origina dalla mano sotto forma di informazione sensoriale raggiunga il cervello e torni indietro sotto forma di comando motorio alla mano stessa è di circa 110 millesimi di secondo: il lancio di una freccetta in direzione del bersaglio o la risposta di rovescio ad una palla da tennis comportano tempi analoghi, 110-120 millesimi di secondo. In altre parole non c'è tempo per apportare correzioni di tipo retroattivo, le sequenze di movimenti muscolari devono quindi essere già precostituite, vale a dire depositate sotto forma di memorie, lette e implementate nel movimento adatto: la velocità attraverso cui viene eseguita una sequenza muscolare e la sua prevedibilità, vale a dire la sua realizzazione in un tempo adatto e preciso, rappresentano due aspetti fondamentali del movimento.

Ma in che modo il cervello realizza una sequenza di rapide azioni muscolari? In che modo esse possono superare i limiti temporali cui obbediscono i circuiti nervosi? Questo problema non riguarda soltanto le sequenze dei movimenti della mano o della gamba ma anche quelle che sono all'origine dei suoni che formano le parole, prodotte a ritmi velocissimi, generalmente senza errori che ne alterino il significato. Una risposta a questo problema implica l'esistenza di meccanismi selettivi che portano il nome di “macchine di Darwin”, ipotizzate e descritte da William Calvin (1990): il nome, come si vede, comprende sia il concetto di macchina, sia quello di selezione darwiniana che implica che alcune caratteristiche degli organismi siano il prodotto di un cammino evolutivo che ha portato all'affermazione delle caratteristiche “più adatte”. Prendiamo ad esempio la battuta di un tennista. Per perfezionarla il giocatore ha



provato infinite volte quel movimento, magari sotto la guida di un allenatore che ha corretto le diverse componenti del movimento: la posizione del piede, del corpo, del braccio, della spalla, della racchetta, della palla da colpire e via dicendo sino ad arrivare a una buona sequenza. Prova dopo prova, il tennista ha selezionato una battuta che, sulla base dell'esperienza, è migliore rispetto alle battute iniziali. Il nostro tennista sa anche che una volta che è partito il "treno" della battuta, che è scattata la sequenza dei movimenti, non sono possibili correzioni: il suo problema è quindi quello di rendere più frequenti le battute efficaci rispetto a quelle meno efficaci che corrispondono a memorie di azioni muscolari ancora presenti nel suo sistema nervoso... Si tratta quindi di selezionare le battute migliori rendendo meno frequenti quelle peggiori: il problema è che i suoi tempi di reazione sono un po' variabili e che sarebbe auspicabile che fossero un po' più prevedibili ed affidabili, né troppo rapidi, né troppo lenti. In questa situazione la soluzione ideale è quella in cui il sistema nervoso è in grado di "lanciare" simultaneamente verso il braccio del tennista diversi "treni" di sequenze motorie: quelli più lenti saranno compensati da quelli più veloci e viceversa: qualcosa di simile si verifica con le parole che, una volta "spedite" ai muscoli da cui dipende la fonazione, sono ormai irrimediabilmente eseguite. In qualche modo, Pietro Metastasio, ha ben reso questo concetto in uno dei suoi sonetti: *Voce dal sen fuggita / più ritener non vale / non si trattien lo strale / quando dall'arco uscì*).

Perché è necessario utilizzare vari treni-sequenze nervose? Una cellula nervosa, come quella che comanda un muscolo, può entrare in azione in un arco di tempo piuttosto variabile che va da 1 a 10 millesimi di secondo: questa variabilità non è tollerabile in quanto il movimento potrebbe risultare troppo rapido o troppo lento. Nel caso del tennista, il movimento della battuta potrebbe avvenire quando la palla è troppo alta o ormai troppo bassa. Una eccessiva variabilità nell'esecuzione dei movimenti avrebbe creato problemi ai nostri lontani antenati, quando, ad esempio, dovevano raggiungere un bersaglio animale attraverso il lancio di una pietra o affermandolo con le mani. Come utilizzare la finestra giusta (cioè un lancio della giusta durata) quando le cellule nervose hanno una variabilità d'azione che va da 1 a 10 millesimi di secondo? Il sistema della "macchina di Darwin" può risolvere il problema grazie alla selezione di diverse sequenze motorie che vengono "lanciate" simultaneamente dal cervello: la loro partenza simultanea si tradurrà infatti in una media ponderata dei loro ritardi o anticipi. Con l'esperienza, la "macchina di Darwin" selezionerà sequenze motorie (dipendenti da circuiti nervosi), che realizzeranno azioni più rapide e adatte ai tempi d'esecuzione (meno variabili): in questo modo viene realizzato un movimento che non deve essere corretto in corsa ma che è prevedibile in termini di tempi di esecuzione. Qualcosa di simile avviene nell'apprendimento del linguaggio in cui l'articolazione di una sequenza di sillabe diventa sempre più rapida, fluida e precisa: le parole parlate e scritte vengono così eseguite senza che sia necessario pensarle o costruirle man mano che le si produce, come invece avviene quando impariamo una seconda lingua.

Gli studi e le teorie sui sistemi motori e sulle strategie sequenziali implicate nella realizzazione dei movimenti hanno un impatto sulla concettualizzazione del linguaggio e in particolare sulle sue radici evolutive: il linguaggio è un istinto che deriva da un adattamento evolutivo, come si afferma da un lato, è una conseguenza “inintenzionale” che deriva dallo sviluppo di una corteccia complessa e potente, o deriva dall'affinamento di sistemi che coordinano tra di loro elementi non-linguistici?

Noam Chomsky, com'è noto, sottolinea che le lingue hanno proprietà universali in quanto avremmo ereditato una capacità nervosa che genera un sistema di regole entro cui vengono inserite le parole, cioè una grammatica universale che accomuna tutte le lingue. Ogni frase avrebbe quindi una struttura profonda mentale che si traduce in una struttura superficiale sulla base di trasformazioni che variano da lingua a lingua: perciò tutte le lingue presentano somiglianze per quanto riguarda l'ordine delle parole, soggetto e oggetto. Mentre alcuni, ad esempio Pinker (1997) e altri linguisti, sostengono l'esistenza di un linguaggio istintivo, altri affermano che il linguaggio può essere innato ma non necessariamente legato a fattori genetici: nel corso dello sviluppo si verificherebbe un affinamento di sistemi che coordinano tra di loro elementi non linguistici, come suggeriscono diverse ricerche sui rapporti tra strutture cerebrali e sviluppo del linguaggio.

Com'è ben noto, nei lobi frontale e temporale dell'emisfero sinistro esistono due aree, quella di Broca e quella di Wernicke da cui dipendono rispettivamente la produzione (motricità) e la comprensione (sensibilità) del linguaggio. Se queste strutture fossero rigidamente localizzate in tutti gli individui, come ad esempio avviene per le aree corticali della sensibilità primaria e della motricità, potremmo affermare che esiste un chiaro determinismo genetico: ma la situazione non è così lineare in quanto, ad esempio, nei bambini in cui si sono verificate lesioni dell'emisfero sinistro o in cui questo è stato asportato per motivi diversi, le funzioni linguistiche si sviluppano nell'ambito dell'emisfero destro, anche se ciò può comportare alcuni problemi di ordine sintattico o fonologico. D'altronde anche la localizzazione delle memorie linguistiche non è rigida: le memorie relative all'apprendimento della prima lingua, appresa durante l'infanzia, ad esempio l'italiano, sono localizzate nell'emisfero sinistro, ma quelle relative ad una seconda lingua, ad esempio l'inglese o il francese, sono sparse tra i due emisferi in diverse aree cerebrali: le basi nervose della seconda lingua presentano una “frammentazione” che può essere alla base del maggior tempo necessario a trovare le parole opportune, come può avvenire per le memorie elettroniche sparse in un disco rigido frammentato.

Un altro aspetto che mette in dubbio un'organizzazione linguistica rigidamente determinata da fattori genetici riguarda lo sviluppo dei sistemi del linguaggio nel corso della prima infanzia: i circuiti nervosi di un bambino piccolo non sono una versione in miniatura di quelli che esistono in un bambino più grande, più competen-



te nel linguaggio. Ad esempio, una serie di studi di tipo elettrofisiologico o basati sul *brain imaging* indicano che intorno ai 13 mesi un bambino identifica alcune parole attraverso i due emisferi cerebrali, destro e sinistro, mentre a 20 mesi si attivano prevalentemente le aree parietali e temporali dell'emisfero sinistro. Nei bambini piccoli non esisterebbe perciò una rappresentazione innata del linguaggio ma questo sarebbe una ricaduta di differenze emisferiche per quanto riguarda velocità e stile di elaborazione dell'informazione: l'emisfero sinistro predominerebbe nell'estrazione di dettagli percettivi, quello destro nell'integrazione delle diverse caratteristiche dell'informazione. Indubbiamente esistono numerosi dati estremamente suggestivi in termini di possibili meccanismi innati: ad esempio, lattanti di 8 mesi cui vengano presentati per pochi minuti stringhe di sillabe senza senso reagiscono subito a sequenze di tre sillabe che appaiono come una singola "unità", il che indicherebbe che i neonati siano dotati di procedure di tipo statistico che consentono loro di individuare i confini delle parole nell'ambito di una frase, anziché percepire una frase come un'insalata di suoni. Questa capacità, tuttavia, non riguarda soltanto l'apprendimento del linguaggio ma altri aspetti dell'esperienza, ad esempio riconoscere oggetti o suoni nuovi ecc. È quindi possibile che un eventuale innatismo non riguardi tanto il linguaggio di per sé stesso quanto diversi principi dell'organizzazione cerebrale, ad esempio la struttura dei circuiti sensoriali e motori, i meccanismi di elaborazione, di rappresentazione ecc.: in quest'ottica le strutture fonetiche e grammaticali potrebbero essere evolute sulla base dei sistemi percettivi e motori del cervello, si sarebbero adattate alla struttura cerebrale anziché rappresentare un adattamento autonomo.

Gli studi sui rapporti tra aree cerebrali e linguaggio indicano che le aree della corteccia cerebrale che elaborano le informazioni sensoriali e controllano i movimenti sono anche coinvolte in diversi aspetti delle memorie linguistiche: ad esempio, profferire parole indicative di un colore (rosso, blu, giallo) attiva quelle aree della corteccia temporale ventrale che sono responsabili della percezione dei colori, profferire parole relative ai movimenti (correre, battere, avvitare) attiva aree situate anteriormente a quelle coinvolte nella percezione dei movimenti nonché le aree motorie della corteccia frontale. In sostanza, anziché essere estremamente specifico ed autonomo, il sistema del linguaggio fa capo a complessi coordinamenti con altri sistemi ed aree del cervello legate alla rappresentazione di oggetti, alla percezione, alla motricità: esistono insomma interazioni tra le aree prettamente linguistiche e quelle che si riferiscono al corpo, all'ambiente e al contesto in cui esso opera. Per rendersi conto delle interazioni tra strutture linguistiche e strutture motorie è stato suggerito questo semplice ma convincente esperimento. Chiedete a un amico di parlare e ripetete ciò che sta dicendo mentre lui parla, come se foste la sua "ombra". A questo punto cominciate a tamburellare col dito medio della mano destra seguendo un ritmo regolare; provate ora col dito medio della mano sinistra. Per la maggior parte delle persone è più difficile tamburellare col dito medio della mano destra (controllato dalla corteccia motoria dell'emisfero sinistro) in quanto si verifica una compe-

tizione tra risorse linguistiche e motorie dell'emisfero sinistro. La stessa situazione si verifica quando un sordomuto imita il linguaggio dei segni di un'altra persona mentre tamburella con la mano destra.

Se si considera il linguaggio in termini di contesto operativo, si può sostenere, come fanno alcuni eredi di Chomsky, che il linguaggio è costruito attraverso operazioni metaforiche, cioè su generalizzazioni ed analogie da un settore ad un altro, basate su funzioni del corpo. Il pensiero analogico rappresenta una struttura naturale della nostra mente, alla base di ogni successivo processo cognitivo di tipo logico-formale. La tendenza a mappare la realtà in modo sistemico è una caratteristica innata della nostra e di altre specie animali dotate di un sistema nervoso complesso. Lo studio comparato dei processi cognitivi indica come i primati non umani siano in grado di cogliere delle analogie secondo un gradiente evolutivo che consente loro di individuare delle relazioni sempre più complesse tra oggetti o situazioni diverse (Lakoff e Johnson 1980). Per quanto riguarda la specie umana, un neonato di 11 mesi si aspetta che due oggetti simili abbiano proprietà simili: ad esempio, dopo aver visto una pallina che suona perché contiene all'interno un campanello, si attende che anche un'altra pallina suoni. Già a due anni un bambino riunisce dei cubi dello stesso colore, isolandoli da cubi di colori diversi sulla base dei loro attributi, cioè di simili caratteristiche. A tre anni un bambino dimostra di essere in grado di elaborare delle mappature di relazione, cioè di passare da una realtà ad un'altra purché esse si rassomiglino per i rapporti che hanno tra di loro: ad esempio, se si nasconde un oggetto in un mobile in miniatura che a sua volta fa parte di un modellino in scala ridotta di una stanza, il bambino lo cercherà nel mobile reale della stanza reale. A quattro anni un bambino comprende l'esistenza di mappature di tipo proporzionale secondo lo schema $A : B = C : D$ (una pagnotta sta a una fetta come un limone a una fettina) ed apprezza forme di humour basato su analogie relazionali; a cinque anni effettua mappatura sistemica, e individua relazioni di ordine superiore, basate su cause simili. Ad esempio, comprende l'analogia della volpe e dell'uva, cioè il fatto che di fronte a scelte impossibili si finge di non essere più interessato a quella realtà. A sei anni, infine, è in grado di risolvere complessi problemi basati su analogie proporzionali e contenuti non familiari, mentre la sua capacità di generalizzare e di individuare attributi simili, relazioni di causa-effetto in situazioni diverse è in continua crescita (Holyoak e Thagard 1995). Insomma, la psicologia dello sviluppo dimostra che la mente umana possiede un'abilità naturale per passare attraverso successive tappe analogiche che sono invece precluse ai primati non umani. In sostanza, il pensiero analogico è fortemente basato sulla nostra capacità di passare attraverso la concretezza delle realtà motorie e delle percezioni anziché attraverso l'astrazione del linguaggio e di altri aspetti del pensiero logico-simbolico. Si tratta di una strategia della mente che rappresenta uno dei modi attraverso cui l'intelligenza si manifesta e attraverso cui ci adeguiamo alla realtà e ai problemi che essa ci pone attraverso forme di apprendimento e generalizzazione.



ASTRAZIONE E CONCRETEZZA

Anche il linguaggio, dunque, sottolinea che si potrebbe quasi invertire l'usuale rappresentazione della mente che pianifica i movimenti del corpo in un'immagine della mente formata dai movimenti. L'agire sull'ambiente perturba la mente che, percependo l'effetto di tale alterazione, invia istruzioni per un'ulteriore azione. Il ruolo dell'attività motoria nella costruzione della mente è evidente dal punto di vista dello sviluppo: i movimenti innati dell'embrione e quelli sempre più perfezionati del lattante sono i mattoni costitutivi del comportamento motorio e di un conseguente numero di attività "sequenziali", linguaggio incluso (Bownds 1999). Numerose operazioni motorie sono infatti talmente importanti in termini di esperienze corporee che esse si traducono in classi di percezioni, comportamenti e convenzioni linguistiche abbastanza universali. Così, lo schema di "verticalità", emerge dall'uso che noi facciamo di aspetti dell'esperienza (alzarsi, raggiungere, salire ecc.) che danno forma a concetti e strutture del linguaggio: metafore del tipo "sale la tensione", "crollano i prezzi", "raggiungere il vertice" e via dicendo, emergono da esperienze corporee conaturate alle nostre esperienze motorie e percettive.

In genere, sia nella psicologia dello sviluppo che in quella generale, siamo portati a scindere tra di loro i vari aspetti delle funzioni mentali ritenendo che essi rispecchino moduli dotati di una loro autonomia: in realtà la mente, si tratti del linguaggio o di altre funzioni cognitive e percettive, ha una sua unitarietà e risente di una componente, quella motoria, che è la più antica dal punto di vista evolutivo e che dipende da sistemi, corteccia, gangli della base e cervelletto che assommano in loro componenti motorie, motivazionali e cognitive. A rafforzare il ruolo e la partecipazione della motricità nei processi astratti contribuiscono studi recenti sull'apprendimento del calcolo matematico: anche il pensiero matematico, infatti, fa capo a due tipi di intelligenza, una visivo-spaziale e una linguistica, la prima più concreta, la seconda più astratta e simbolica; la prima più antica, la seconda più recente in termini evolutivi; la prima soggetta a uno sviluppo più precoce, la seconda a uno sviluppo più tardivo nel corso dell'ontogenesi. Visualizzando le aree del cervello attraverso tecniche di *brain imaging* è stato possibile dimostrare che il pensiero matematico può seguire due strade, una più antica e indipendente dal linguaggio, evidente nei bambini piccoli e persino negli animali che, pur non essendo in grado di contare, sono in grado di valutare le quantità e tenerne conto sul piano operativo nel fare valutazioni (ad esempio accorgersi della mancanza di piccoli dal nido); l'altra va di pari passo con l'apprendimento del linguaggio e consente di fare calcoli e valutazioni sofisticate. Il dato interessante è che diverse aree del cervello sono coinvolte nell'uno e nell'altro caso: le valutazioni per approssimazione coinvolgono le aree parietali del cervello (che controllano movimenti delle dita utilizzati dai bambini per fare i primi calcoli o l'uso del pallottoliere), i calcoli esatti coinvolgono invece le aree frontali dell'emisfero sinistro implicate anche nel linguaggio (Butterworth 1999).

In conclusione, quando pensiamo alla mente e all'apprendimento privilegiamo spesso una concezione logico-astratta che rispecchia anche il peso esercitato in questi anni dai successi dell'intelligenza artificiale: ci soffermiamo generalmente su un astratto "linguaggio della mente" e sui suoi aspetti incorporei e molto meno sulla concretezza e sulle azioni motorie, malgrado azioni e movimenti abbiano un ruolo centrale nei processi di formazione e rappresentazione mentale. Il vivere in una cultura astratta ci fa spesso dimenticare che la concretezza è un aspetto molto importante dell'apprendimento, che i bambini hanno bisogno di esempi tangibili, di manipolare la realtà, di fare giochi attivi e di movimento. Ma anche gli adulti comprendono ciò che vedono e, non ultimo, traggono grandi soddisfazioni da ciò che hanno realizzato in prima persona, anche attraverso l'impiego di abilità fisiche.

BIBLIOGRAFIA

- Barbeau, M. 1990. *Processus interactifs mnésiques et comportementaux après coma post-traumatique chez l'enfant*. ANAE, 2 (20-22).
- Bownds, M.D. 1999. *Biology of the Mind*. Bethesda: Fitzgerald Science.
- Butterworth, B. 1999. *The mathematical Brain*. London: Macmillan (trad. it. *Intelligenza matematica*. Milano: Rizzoli).
- Calvin, W.H. 1990. *The cerebral symphony*. New York: Bantam.
- Coccorello, R., Ariani, W., Oliverio, A., Mele, A. 2000. *Effects of intra-accumbens dopamine receptor agents on reactivity to spatial and non-spatial changes in mice*. «Psychopharmacology», 152: 189-199.
- Crammond, D. 1997. *Motor imagery: Never in your wildest dream*. «Trends in Neuroscience», 20: 54-57.
- Gazzaniga, M.S. 1995. *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holyoak K.J., Thagard P. 1995. *Mental leaps: analogy in creative thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jeannerod, M., Arbib, M.A, Rizzolatti, G., Sakata, H. 1995. *Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor information*. «Trends in Neuroscience», 18: 314.
- Lakoff, G., Johnson, M. 1980. *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- Oliverio, A. 2001. *La mente*. Milano: Rizzoli.
- Pinker, S. 1997. *The language instinct* (1994). New York: William Morrow; trad. it. *L'istinto del linguaggio*. Milano: Mondadori.