

MATTEO RIZZATO E DAVIDE DONELLI

prefazione del prof. GIACOMO RIZZOLATTI

Io sono il tuo specchio

Neuroni specchio
ed empatia



Edizioni



AMRITA

2ª EDIZIONE

Cosa sono i neuroni specchio?

Premessa

La scoperta dei neuroni specchio e del sistema specchio nell'uomo è il frutto del lavoro svolto negli ultimi trent'anni da un gruppo di ricercatori dell'Università di Parma sotto la coordinazione del professor Giacomo Rizzolatti, cui si è aggiunto il contributo di altri scienziati italiani ed internazionali. La consapevolezza derivante da questa scoperta si rivela estremamente efficace per considerare in una nuova ottica tanti aspetti della nostra vita.

Per avere una comprensione completa di ciò che questo libro propone, è necessario affrontare e chiarire alcune conoscenze scientifiche di base, che ci facciano capire meglio *di cosa stiamo parlando e come funzioniamo*.

Una volta delineato il quadro generale degli aspetti essenziali concernenti neuroni specchio e sistema specchio, affronteremo il lato pratico, per evidenziare come già dalla nascita di ogni individuo i neuroni specchio influenzino in modo sostanziale sia il processo formativo ed educativo, sia la comunicazione e le interazioni che il soggetto avrà nell'arco della vita.

Un po' di nozioni

Prima di tutto, cos'è un *neurone*? È una cellula del nostro organismo specializzata nella trasmissione di impul-

si da un luogo a un altro nel territorio del nostro corpo. Il neurone può interagire con altri neuroni e con cellule di supporto per formare quello che chiamiamo *tessuto nervoso*, cioè quella struttura biologica capace di comunicare informazioni a distanza. Proprio come lana intrecciata in un panno, il tessuto nervoso è un fitto reticolo di neuroni dove, attraverso la propagazione di impulsi elettrici e il rilascio di sostanze chiamate *neurotrasmettitori*, è possibile la comunicazione da un luogo all'altro del nostro corpo. Il tessuto nervoso si organizza a sua volta in un *sistema nervoso*, nell'uomo solitamente descritto in due parti: un *sistema nervoso centrale*, costituito da encefalo³ e midollo spinale accuratamente protetti dalla scatola cranica e dalla colonna vertebrale; e un *sistema nervoso periferico*, costituito da gangli, plessi e nervi che si diramano in tutto il corpo. Immaginate un vasto paese, con città grandi, piccole, piccolissime, e un'unica capitale: per poter comunicare tra loro sono necessarie strade, e in qualche modo tutte devono poter comunicare con la capitale. Allo stesso modo il sistema nervoso periferico collega tutte le "città" del nostro corpo (organi, pelle, sensi, muscoli, ossa, eccetera) alla capitale che è il sistema nervoso centrale.

La caratteristica principale del neurone è l'*eccitabilità elettrica*, cioè la capacità di generare un impulso elettrico in risposta ad uno stimolo. Questo impulso (chiamato *potenziale d'azione*) si propaga attraverso tutto il neurone trasmettendo un'unità di informazione da un capo all'altro. La quantità di impulsi trasmessi in una certa unità di tempo stabilisce l'intensità del messaggio: se ricevo uno stimolo debole sulla guancia i neuroni tattili che si trovano sulla pelle trasmettono pochi impulsi per secondo; se ricevo uno stimolo forte, i neuroni trasmettono molti impulsi per secondo, in entrambi i casi sempre secondo la stessa moda-

3 O cervello, la porzione del sistema nervoso centrale contenuta nella scatola cranica.

lità, cioè uno stimolo tattile.

Questa eccitabilità è alla base del meccanismo di comunicazione tra neuroni: ma come si manifesta in dettaglio? Per capirlo dobbiamo conoscere meglio la comune struttura di queste straordinarie cellule. Per questo ora scenderemo nel dettaglio, così da riportarne le caratteristiche più essenziali.

Il neurone è costituito da un *corpo cellulare*, un *assone* e diversi *dendriti* (fig. 1).

- Il *corpo cellulare* è il territorio centrale del neurone e contiene tutte le strutture indispensabili alla vita della cellula e al corretto svolgimento della sua funzione.
- L'*assone* è un prolungamento lungo e sottile che si diparte dal corpo cellulare e può essere anche molto lungo rispetto alla dimensione della cellula. È caratterizzato da una parte terminale ramificata in “bottoni” che entrano in contatto con altri neuroni o con cellule di altro tipo. È la parte del neurone che *manda* le informazioni verso gli altri neuroni o verso cellule che svolgono un compito su segnale del neurone (come, ad esempio, una cellula muscolare).
- I *dendriti* sono prolungamenti molto ramificati, simili alle radici di un albero, vicini al corpo cellulare. Molto più brevi rispetto all'assone, possono entrare in contatto con i bottoni terminali degli assoni di altri neuroni, con altri neuroni direttamente, o costituire le terminazioni sensitive primarie (quelle terminazioni da cui partono gli stimoli sensitivi come tatto, dolore, vista, eccetera). È la parte che *riceve* le informazioni provenienti dagli altri neuroni o dall'ambiente.

Quando un neurone viene stimolato in corrispondenza di un suo dendrite, il corpo cellulare si eccita e produce un impulso elettrico che viene “sparato⁴” attraverso l'assone.

4 “Sparato” è un termine utilizzato dagli scienziati, dall'inglese *fired*.

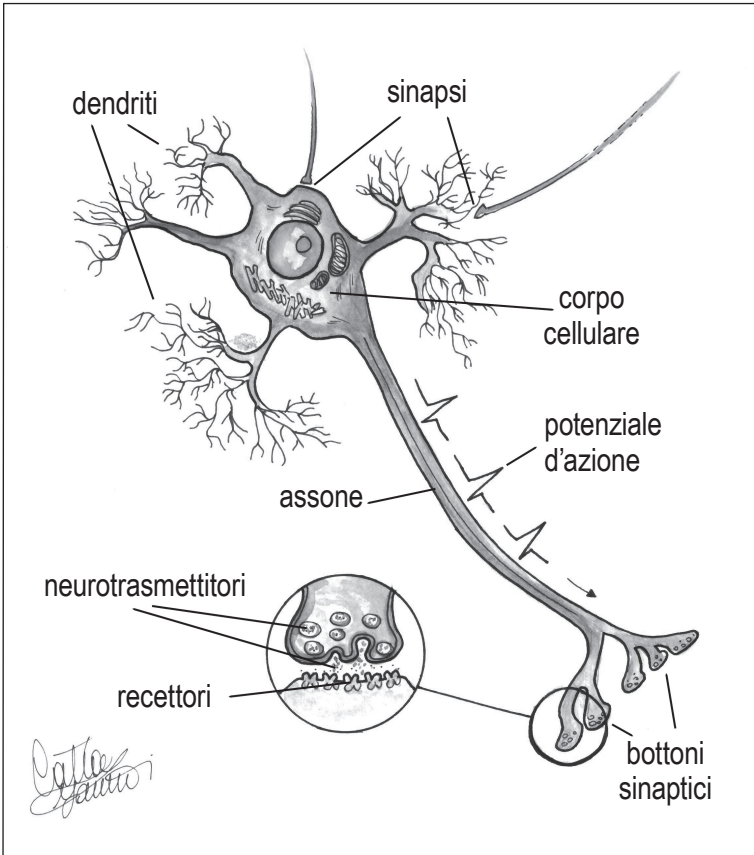


Fig. 1: schema della struttura del neurone. Il neurone riceve impulsi da altri neuroni, stabilendo con essi sinapsi. Sono visibili nella parte superiore dell'immagine due assoni di altri neuroni stabilire sinapsi a livello dei dendriti e del corpo cellulare. Il neurone può a sua volta "sparare", cioè emettere un potenziale d'azione propagandolo lungo il suo assone. Nella lente si osserva il dettaglio di una sinapsi in cui i neurotrasmettitori, conservati all'interno di vescicolette nel bottone sinaptico, vengono liberati sotto l'azione del potenziale elettrico nello spazio intersinaptico, per poi legarsi agli specifici recettori posti sulla cellula destinataria.

La comunicazione tra neurone e neurone avviene nelle *sinapsi*, che sono regioni costituite dai bottoni terminali del primo neurone, dai dendriti del secondo, e dallo spazio che li separa.

Quando l'impulso elettrico raggiunge il bottone terminale, provoca il rilascio di sostanze chimiche chiamate *neurotrasmettitori*. Queste, diffondendosi attraverso lo spazio della sinapsi, giungono sulla superficie del neurone destinatario e qui trovano specifici recettori con cui possono combinarsi proprio come una chiave in una serratura. A questo punto i recettori, stimolati dal neurotrasmettitore, possono indurre la produzione di un nuovo impulso elettrico nel neurone destinatario, e così via. Attraverso questo meccanismo, uno stimolo proveniente dalla punta del nostro alluce può giungere fino al nostro cervello, e lì può essere interpretato passando attraverso complessi circuiti composti da numerosissimi neuroni.

Tuttavia, ciò non è sufficiente a spiegarci come possano prodursi quelle capacità straordinarie che sperimentiamo in noi, come il movimento, i pensieri, le emozioni, le sensazioni. A renderle possibili è l'interazione tra le centinaia di miliardi di singoli neuroni che possediamo: infatti, attraverso la cooperazione organizzata di tutte queste cellule, si producono *proprietà emergenti* (cioè non riscontrabili in un singolo neurone) che consentono l'espressione di precise e complesse funzioni. In pratica, pochi neuroni non possono produrre funzioni complesse, ma centinaia di miliardi, cooperando, possono dare luogo a tutte le capacità tipiche di un cervello umano.

Il nostro cervello è un organo estremamente complesso, e su questo non avevamo alcun dubbio! Non ne conosciamo ancora tutte le funzioni e meccanismi: per fortuna viviamo in un'epoca in cui già tanto è stato scoperto, e ogni giorno nuovi dati vengono raccolti permettendoci una continua reinterpretazione del suo incredibile funzionamento. Attualmente sappiamo che ad ogni singola parte del nostro cervello competono prevalentemente determinati compiti;

la sua complessità generale è però così elevata che non è possibile stabilire con precisione se un'area sia adibita ad una sola ed unica funzione, oppure partecipi alla “squadra” che opera per funzioni più complesse. Pare infatti che le varie parti del cervello, sebbene governino principalmente determinate funzioni, siano di fatto coinvolte anche in molte altre. Insomma, non ci troviamo di fronte a un meccanismo semplice come un motorino, dove possiamo scomporre le varie parti e riconoscere per ciascuna un'unica e precisa funzione (cilindro, carburatore, trasmissione, eccetera), ma a una complessa realtà dove ogni parte contribuisce al lavoro delle altre.

Detto questo, l'anatomia umana classifica l'encefalo⁵ in alcune principali parti, di cui sono state riconosciute le funzioni predominanti (*fig. 2*):

- *tronco encefalico*, dove le informazioni elaborate discendono al midollo spinale e quindi al corpo, o dal midollo spinale salgono ai centri superiori. Qui viene determinato il ritmo respiratorio e cardiaco;
- *cervelletto*, dove vengono controllati equilibrio, postura, coordinazione dei movimenti, tono muscolare. Questa area del cervello prende parte a processi emotivi e cognitivi (di elaborazione del pensiero);
- *diencefalo*, costituito principalmente da talamo ed ipotalamo⁶. Il *talamo* riceve le informazioni sensitive dal midollo spinale e dal tronco encefalico e le invia alle parti superiori. L'*ipotalamo* è sede della regolazione della fame, della sete, della temperatura corporea, della pressione arteriosa, della frequenza cardiaca, del ritmo

5 La parte del nostro organismo completamente contenuta nella scatola cranica. Assieme al midollo spinale contenuto nella colonna vertebrale costituisce il sistema nervoso centrale. Quello che comunemente chiamiamo “cervello”, riferendoci all'encefalo, è in realtà una parte di quest'ultimo.

6 A cui si aggiungono *subtalamo*, *metatalamo* ed *epitalamo*. L'epitalamo è assimilabile con la ghiandola *epifisi*, importantissima nella regolazione di vari processi tra cui il ritmo sonno veglia.

sonno-veglia e dell'attività della maggior parte delle ghiandole endocrine;

- *telencefalo*, diviso in due emisferi collegati in mezzo dal corpo calloso. La porzione più superficiale, la *corteccia cerebrale*, è ripiegata su se stessa nelle cosiddette *circonvoluzioni cerebrali*, separate da solchi. Questa è la sede della percezione degli stimoli sensitivi, del controllo dell'attività motoria, e di tutte le altre funzioni superiori dell'uomo, tra cui il linguaggio, le emozioni, la memorizzazione, le capacità logiche.

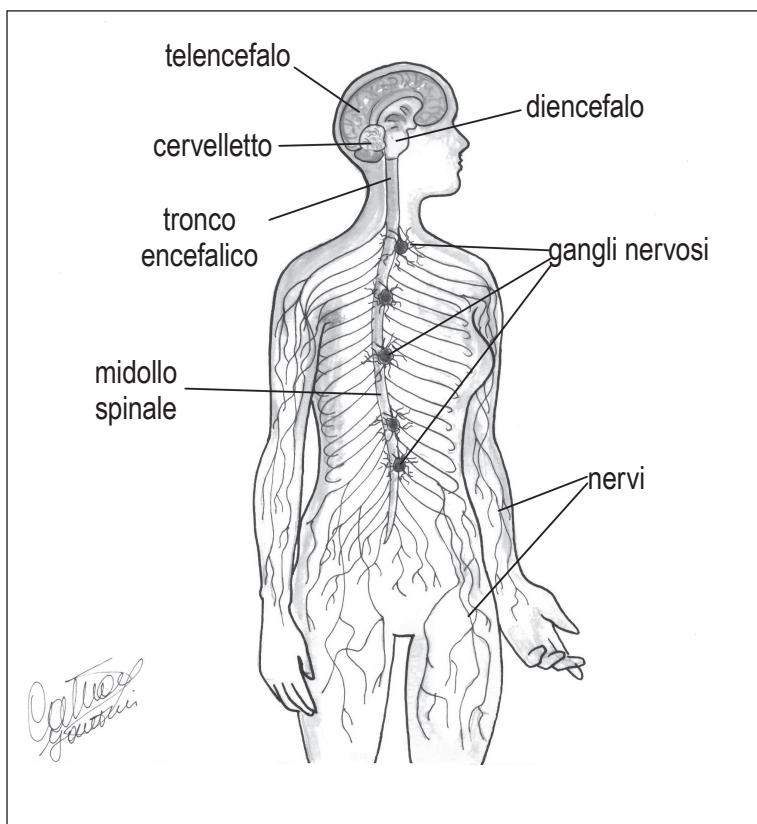


Fig. 2: schema delle principali parti del sistema nervoso umano.

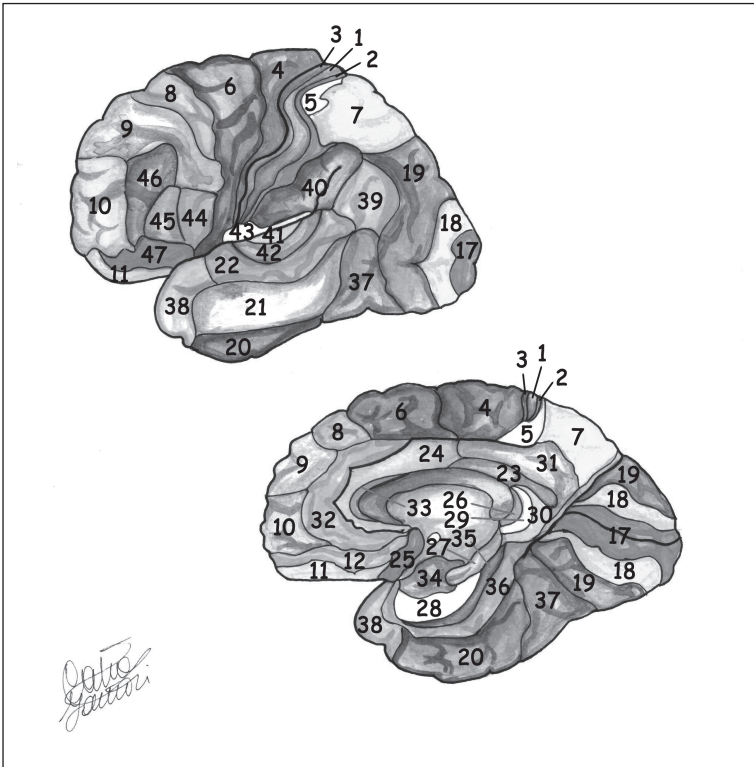


Fig. 3: rappresentazione della suddivisione della corteccia cerebrale secondo Brodmann; ad ogni area corrispondono particolari funzioni. Come si evince dai numeri le aree sono in totale 52.

È in questa parte del cervello che si svolge la maggior parte dei processi caratteristici dei neuroni specchio e del meccanismo specchio. In particolare, la corteccia cerebrale è il maggior terreno di indagine sui neuroni specchio, e per questo motivo dobbiamo approfondire un poco alcuni suoi aspetti.

Agli inizi del Novecento uno scienziato tedesco, Korbinian Brodmann (1868-1918), classificò la corteccia cerebrale suddividendola topograficamente in 52 aree (*fig. 3*) che furono identificate analizzando quali tipologie di cellule

predominassero in una regione rispetto all'altra.

Fu ipotizzato che ad ogni area corrispondesse una specifica funzione, e divenne in seguito evidente che, proprio come accade per il cervello intero, anche nella corteccia cerebrale le varie aree collaborano strettamente le une con le altre. Non è quindi possibile una precisa e rigida classificazione delle funzioni delle varie aree, ma è comunque riconoscibile la presenza di una o più funzioni predominanti.

Le aree possono essere divise in tre principali categorie, ossia *aree sensitive*, *aree motorie*, e *aree associative*: le aree sensitive ricevono gli stimoli sensitivi e attribuiscono loro un significato; le aree motorie danno origine ai movimenti oppure ne regolano i processi; le aree associative sono la sede delle elaborazioni finalizzate all'interpretazione della realtà, alla codificazione delle risposte agli stimoli, del linguaggio e degli aspetti emotivi, alla memorizzazione degli schemi motori, e, infine, in cui hanno luogo le capacità comunicative ed imitative, quelle logiche, e tutte le cosiddette funzioni superiori dell'uomo.

Come funzioniamo

Ora che abbiamo trattato (seppur in maniera sommaria) le nozioni di base, possiamo approfondire quei meccanismi del nostro cervello la cui conoscenza è necessaria per cominciare a comprendere i neuroni specchio e il sistema specchio. Va detto che questo particolare tipo di neuroni è stato scoperto per la prima volta durante lo studio di quelle aree del cervello che governano la capacità di muoversi, le quali, operando insieme, formano il *sistema motorio*. Ci torna utile perciò conoscere come si origina il nostro comportamento motorio, e come ne sia cambiata la comprensione a seguito degli studi del gruppo dell'Università di Parma.

Tradizionalmente si descrivono i nostri movimenti come il risultato del lavoro di tre principali unità, situate nella corteccia cerebrale: le aree sensitive, alcune aree associative e le aree motorie primaria e secondaria. Secondo questo

modello ogni unità costituisce una “scatola” di elaborazione, e il movimento è il risultato del passaggio delle informazioni dalla prima alla seconda scatola, dalla seconda alla terza, e dalla terza all’esecuzione. Per essere più precisi, gli stimoli (provenienti dall’esterno, di natura visiva, uditiva o somatica⁷, eccetera) vengono raccolti nelle aree sensitive e trasformati in percezioni da alcune aree associative, dopodiché viene formulata una risposta motoria ad essi da altre aree associative. Infine, i movimenti di risposta vengono eseguiti dal corpo su comando delle aree motorie.

Secondo questo modello, il nostro cervello dunque produrrebbe il movimento grazie a un processo del tipo “percepisco-elaboro-eseguo”, risultato del lavoro delle tre unità sensitive, associativa e motoria (*fig. 4*), ciascuna delle quali avrebbe un proprio ruolo specifico e opererebbe in modo distinto dalle altre; le informazioni verrebbero elaborate sulla base di codici differenti e non compatibili, quasi come se ognuna di queste unità parlasse un proprio linguaggio. In quest’ottica, le aree associative avrebbero proprio il ruolo di “traduttrici”, cioè di coloro che mediano tra la percezione della realtà esterna e l’esecuzione di una risposta *traducendo il senso delle nostre percezioni in movimenti significativi*. Il nostro cervello, insomma, agirebbe proprio come un processo in serie, o una catena di montaggio.

Ad esempio, siamo in cucina e vediamo un bicchiere d’acqua. I dati arrivano alla prima scatola e formano nella nostra mente la percezione della cucina e del bicchiere d’acqua; la percezione viene elaborata dalla seconda scatola, che aggiunge l’informazione “ho sete” e codifica “bere il bicchiere d’acqua”; la codifica di “bere il bicchiere d’acqua” viene eseguita dalla terza scatola che produce i movimenti del nostro corpo.

7 Ossia tatto, pressione, temperatura, dolore, prurito, proprioccezione, tensione muscolare.