

## Tu sei le tue sinapsi

di Fabio Benfenati

### Luca Bonfanti L'ENIGMA DEL NEURONE GIOVANE

pp. 96, € 11,50,  
 Dedalo, Bari 2021

L'aspettativa di riparare, complementare, potenziare il nostro corpo, e in particolare il sistema nervoso che a esso sovrintende, è una delle frontiere della ricerca biotecnologica e una grande aspettativa per l'umanità. Le tecniche di riprogrammazione cellulare in grado di trasformare cellule adulte in cellule staminali che possono differenziarsi in molteplici tessuti, incluso il tessuto nervoso, hanno aperto la possibilità di autotrapiantare "pezzi di ricambio" per riparare organi colpiti da patologie. La sorprendente capacità di queste cellule di auto-organizzarsi sviluppando autonomamente organi embrionali, i cosiddetti "organoidi" ha ulteriormente rinforzato questa prospettiva. D'altra parte, con le neuroprotesi si cerca di recuperare la perdita di funzionalità dovuta a traumi o patologie degenerative creando interfacce tra materiali intelligenti e neuroni, come la coclea e la retina artificiale o le interfacce cervello macchina. Queste prospettive, che al giorno d'oggi sembrano scienze fiction, in realtà non sono molto lontane dalla loro applicazione alle patologie umane, come sottolineato dal recente libro del neuroscienziato Rodrigo Quian Quiroga *NeuroScience Fiction* (BenBella Books, 2020).

Questi avanzati campi di ricerca si basano sul presupposto che i neuroni del nostro cervello hanno perduto la possibilità di replicarsi e si presentano come elementi perenni. Sfortunatamente, però, non sono eterni e l'elevato carico di lavoro a cui sono sottoposti li rende molto vulnerabili a insulti di vario tipo. La crescente prevalenza delle malattie neurodegenerative, che va di pari passo con l'aumento della durata media della vita, testimonia la frequenza con cui i neuroni degenerano e muoiono nel tempo.

La nozione che i neuroni non possono replicarsi risale alla "dottrina del neurone" formulata da Santiago Ramón y Cajal grazie alla eccezionale visualizzazione dei neuroni permessa dalla rivoluzionaria colorazione messa a punto dal lombardo Camillo Golgi che con Cajal ha condiviso il Premio Nobel per la Medicina nel 1906. Tuttavia, le scienze

biomediche non sono scienze esatte e la conoscenza si espande e modifica in parallelo allo sviluppo tecnologico che permette di affinare i nostri mezzi di indagine. E così, alla fine degli anni novanta sono aumentate le dimostrazioni che in realtà nel cervello adulto rimangono "nicchie" neurogenetiche e neuroni immaturi che, in determinate condizioni, possono differenziarsi, prendendo il posto dei neuroni di prima linea danneggiati o morenti. Queste ricerche hanno stimolato grandi speranze nel campo della terapia delle malattie neurodegenerative: ancora prima di intervenire con riprogrammazione cellulare o neuroprotesi, è il cervello stesso che ha la capacità di rigenerarsi e ripararsi autonomamente!

Luca Bonfanti, neuroscienziato e ottimo comunicatore, nel suo breve libro *L'enigma del neurone giovane* cerca di tracciare un quadro equilibrato dello stato dell'arte nel campo della neurogenesi del cervello adulto, raccontandoci la complessa storia della ricerca in questo campo come fosse la sceneggiatura di un film, con flash-back e colpi di scena, che rendono la lettura leggera e piacevole.

La potenzialità della neurogenesi adulta per riparare o sostituire neuroni danneggiati o morti rappresenta una rivoluzione copernicana nelle neuroscienze al pari, come dice lo stesso autore, dell'osso scagliato da un primate non umano verso il futuro del progresso tecnologico dell'uomo, nella indimenticabile sequenza iniziale *The Dawn of Man* di 2001 *Odissea* nello spazio di Stanley Kubrick. Tuttavia, la storia di questi enigmatici neuroni giovani presenti nel cervello adulto dell'uomo, e del loro potenziale impatto nella riparazione dei danni cerebrali è molto complessa e arricchita da continui colpi di scena.

La scoperta iniziale riguarda l'esistenza di due nicchie neurogenetiche nel cervello adulto del topo dove si trovano cellule staminali che possono generare neuroni differenziati: la parete dei ventricoli laterali e il giro dentato dell'ippocampo. Studi successivi hanno però dimostrato che, nel cervello umano, queste nicchie neurogenetiche si comportano diversamente: sono presenti alla nascita come residuo dei processi di sviluppo cerebrale, ma progressivamente scompaiono nei primi anni della vita, a differenza del cervello di topo dove rimangono presenti per tutto l'arco vitale. Se questo ha attenuato l'entusiasmo sulla capa-

rità del cervello adulto di autoripararsi generando nuovi neuroni di ricambio, ricerche più recenti hanno identificato la persistenza di neuroni "immaturi" di origine embrionale nel cervello adulto dell'uomo in multiple aree anche a livello neocorticale. Questi neuroni maturano con il tempo e rappresentano una riserva di cellule giovani, una sorta di "panchina" per la squadra dei neuroni in prima linea.

Nel corso dell'evoluzione, il sistema nervoso dei mammiferi superiori è aumentato enormemente di complessità e le sue aree cerebrali hanno perso molta plasticità in termini di rinnovamento cellulare e capacità rigenerativa, ma al suo posto hanno sviluppato meccanismi di plasticità strutturale dei contatti sinaptici che sono alla base delle funzioni cerebrali superiori come memoria e apprendimento. Queste ultime sono scarsamente compatibili con la plasticità fluida del rinnovamento cellulare, ma richiedono stabilità nel tempo, essendo il substrato nervoso della nostra individualità. Come afferma Joseph LeDoux nel suo libro *Il Sé sinaptico* (Cortina, 2002), "Tu sei le tue sinapsi. Esse sono chi sei tu". Nel corso dell'evoluzione, il sistema nervoso ha sviluppato diversi meccanismi di plasticità: la neurogenesi, che in cervelli evoluti è quantitativamente irrisoria; l'utilizzo di neuroni immaturi presenti nelle aree neocorticali che hanno subito l'espansione maggiore nei cervelli più evoluti; la plasticità sinaptica, presente in tutte le aree cerebrali e che rappresenta il meccanismo privilegiato per trasformare e fare evolvere la funzione e la struttura dei circuiti nervosi.

La conclusione del thriller della neurogenesi nel cervello adulto è ancora aperta, con tanti investigatori nel mondo (i neuroscienziati) e una certezza finale sull'esito degli eventi ancora mancante. Oltre a farci percorrere il lungo cammino di questo affascinante campo delle neuroscienze, l'autore ci fa capire che la ricerca scientifica è un esempio del *Panta rhei* di Eraclito: non c'è scoperta scientifica che non possa venire messa in discussione, cambiando le condizioni o utilizzando tecnologie più sofisticate. Nella ricerca non devono esistere "verità" indiscutibili che spesso sbarrano la strada alle scoperte più innovative. Come ha scritto Claude Bernard, "La scienza ha precisamente il privilegio di renderci noto ciò che ignoriamo, sostituendo la ragione e l'esperienza al sentimento e mostrandoci il limite della nostra conoscenza attuale. È quello che già conosciamo che spesso ci impedisce di imparare."

fabio.benfenati@iit.it

F. Benfenati è direttore del Centro per le neuroscienze e tecnologie sinaptiche dell'Istituto italiano di tecnologia

## Il linguaggio matematico di Galileo

di Mario Ferraro

### Alessandro De Angelis DISCORSI DIMOSTRAZIONI MATEMATICHE INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE DI GALILEO GALILEI, PER IL LETTORE MODERNO

prefaz. di Telmo Piviani,  
 postfaz. di Ugo Amaldi, pp. 274, € 25,  
 Codice, Torino 2021

### Alessandro De Angelis IDICIOTTO ANNI MIGLIORI DELLA MIA VITA

pp. 240, € 17,50,  
 Castelvecchi, Roma 2021

Il libro sulle due nuove scienze, scritto da Galileo durante i suoi arresti domiciliari, ha conosciuto una strana sorte. Se da molti specialisti è considerato opera fondamentale della storia della scienza, la sua conoscenza presso un pubblico non specialistico è limitata, inferiore ad altre opere di Galileo, ad esempio il *Dialogo sui Massimi Sistemi*, di cui condivide la struttura di dialogo e i personaggi. Ciò è tanto più strano se si considera l'importanza dei *Discorsi*; si sbaglierebbe infatti a pensare che si tratti di un'opera secondaria o troppo specialistica. La prima parte, fra le altre cose, introduce quella che è stata definita la fisica della dimensione, il cui oggetto sono le relazioni fra le dimensioni di sistemi fisici e le loro proprietà. La fisica della dimensione ha trovato applicazione in campi di ricerca che vanno dalla scienza dei materiali alla biologia: non vi è libro sulla crescita degli organismi che non citi i *Discorsi*. Ancora più importante è la seconda parte che presenta l'analisi del moto attraverso lo studio della caduta dei gravi e il moto bidimensionale dei proiettili. Viene qui ripreso il principio di inerzia e si analizza il moto accelerato, la base per lo sviluppo della dinamica, il fondamento su cui la fisica è stata costruita. Occorre ricordare che Newton attribuisce a Galileo la scoperta delle prime due leggi della dinamica, proprio attraverso gli studi presentati nei *Discorsi*.

La relativa oscurità dei *Discorsi* è dovuta a due motivi. Da una parte lo stile è, secondo diversi critici, oscuro e non paragonabile a quello del *Dialogo*, un capolavoro letterario, oltre che scientifico. Il secondo motivo è rappresentato dall'esteso uso della matematica. Il metodo galileiano è fondato sul linguaggio matematico, come ricordato nel famoso passaggio del *Saggiatore* "L'Universo è scritto in lingua matematica e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola...". Il linguaggio matematico è per Galileo quindi essenzialmente geometrico, mentre oggi siamo abituati al linguaggio algebrico introdotto con la geometria analitica e, come fa notare De Angelis, ciò rende la sua comprensione non semplice anche per lettori con una educazione

matematica.

La via tradizionale per rendere più accessibile i *Discorsi* sarebbe quella di una edizione critica con abbondanza di note: De Angelis ha scelto invece una via più innovativa, che ha un precedente solo nella versione dei *Principia* di Newton da parte del grande astrofisico indiano Subrahmanyan Chandrasekhar, e cioè quello di tradurre il testo di Galileo in un italiano moderno, che renda anche possibile una maggiore comprensione delle dimostrazioni matematiche. Inoltre, ed è questo il punto più importante, nel testo presentato in questo libro l'approccio geometrico viene integrato con quello algebrico, più facilmente comprensibile per il lettore odierno.

Si tratta di una operazione difficile, che sicuramente ha richiesto molta passione e lavoro da parte dell'autore, ma il cui risultato è veramente notevole; un esempio di divulgazione scientifica ad alto livello, superiore alla media dei testi divulgativi in circolazione e che può contribuire a una maggiore conoscenza di questa importante opera. Il livello di competenza matematica richiesto è quello dei primi anni delle scuole superiori: attenzione però, questo non significa che si tratti di un testo facile, richiede invece attenzione e un po' di sforzo da parte del lettore, che, in compenso, avrà l'opportunità di comprendere un'opera fondamentale e osservare lo sviluppo della scienza nel suo divenire.

Per chi può essere interessante questo libro? Naturalmente per tutti coloro che amano la scienza, ma direi che è specialmente (e caldamente) consigliato agli studenti di corsi di laurea scientifici (e ai loro professori) o agli studenti delle scuole superiori (e ai loro professori).

I diciotto anni cui si riferisce il titolo del secondo libro sono quelli che Galileo trascorse come professore di matematica all'Università di Padova, dal 1592 al 1610 e fu lui stesso a definirli i più felici della sua vita. Anni di grande maturazione scientifica che pongono le basi per le opere fondamentali di Galileo. Il libro è una biografia romanzata: i romanzi storici, specie nel caso abbiano forma di biografia, presentano particolari insidie, in quanto debbono bilanciare l'inquadramento storico con lo sviluppo dei personaggi, basandosi solo sui fatti noti, senza troppi voli di fantasia. In questo caso il risultato è un testo tutto sommato gradevole e di facile lettura, a volte un po' frammentario: per esempio le numerose lettere, inserite nel testo, se interessanti da un punto di vista storico, inevitabilmente spezzano la narrazione. In conclusione, questo è un libro interessante sulla vita di Galileo, anche se certi punti avrebbero potuto essere più sviluppati (fra gli altri, i rapporti con Keplero, con cui Galileo non fu certo generoso).

ferraro@ph.unito.it

M. Ferraro ha insegnato fisica all'Università di Torino

