

MAGISTRALIA

FILOSOFI DEL TERZO MILLENNIO – QUAESTIONES

3

Direttore

Gianfranco BASTI
Pontificia Università Lateranense

Comitato scientifico

Raffaella GIOVAGNOLI
Pontificia Università Lateranense

Philip M. LARREY
Pontificia Università Lateranense

Flavia MARCACCI
Pontificia Università Lateranense

Coordinatore editoriale

Alfonso D'AMODIO

MAGISTRALIA

FILOSOFI DEL TERZO MILLENNIO – QUAESTIONES



Lo scopo della collana, nella sua parte delle Quaestiones, è quello di voler creare un polo di riferimento per tutti i ricercatori e docenti che vogliono approfondire il complesso rapporto tra filosofia e scienza, il dialogo interculturale e interreligioso, nelle loro implicazioni e applicazioni all'orizzonte scientifico e metafisico contemporaneo. A tale scopo vengono raccolte e pubblicate opere di elevato profilo tecnico e scientifico indirizzate agli specialisti del settore che possono trovare collettanee e atti dei convegni attinenti al settore scientifico e disciplinare cui questa collana è indirizzata. L'alto profilo che si va a delineare vuole presentarsi e proporsi come una nuova sistematizzazione dei principali temi e snodi teoretici del dibattito filosofico contemporaneo, forte della sapienza del passato ma con un puntuale e prudente sguardo al futuro, nel tentativo di attualizzare al meglio le potenzialità di questo incredibile settore del Sapere, a cui, soprattutto oggi, non si può non guardare.

Classificazione Decimale Dewey:

611.8 (23.) ANATOMIA UMANA. SISTEMA NERVOSO

LUCIANA LIMONCELLI

**NEUROFISIOLOGIA DEL SISTEMA
NERVOSO UMANO ED EMERGENZA
DELL'INFORMAZIONE NEURALE**





©

ISBN
979-12-218-1082-0

PRIMA EDIZIONE
ROMA 14 FEBBRAIO 2024

Ai miei Genitori, a mia Sorella

INDICE

- 11 *Nota dell'autrice*
- 13 *Introduzione*
- 15 Capitolo I
Il neurone
- 29 Capitolo II
La GLIA ed altre cellule non neuronali
- 37 Capitolo III
Dal Neurone alle Reti neurali
- 51 Capitolo VI
Principi di neuroanatomia umana: la struttura del sistema nervoso
- 69 Capitolo V
Guida alla Corteccia Cerebrale
- 85 Capitolo VI
Anatomia del cervello per sezioni

10	<i>Indice</i>
97	Capitolo VII Il Sistema Nervoso Autonomo
101	Capitolo VIII La dinamica delle popolazioni neuronali: concetti base
113	Capitolo IX Definizione, cinematica e dinamica dei sistemi caotici: gli attrattori
125	<i>Conclusione</i>
127	<i>Indice analitico</i>
131	<i>Bibliografia</i>
133	<i>Ringraziamenti</i>

NOTA DELL'AUTRICE

Scopo del presente Testo è quello di fornire alcune nozioni fondamentali di Neuroanatomia e Neurofisiologia del Sistema Nervoso Centrale (SNC), nonché di Teoria della Complessità e della dinamica caotica delle popolazioni neuronali, per una modellizzazione dell'encefalo secondo questi concetti, senza alcuna pretesa di essere esaustivi in una materia tanto vasta quanto complessa, ma che consentano al Lettore meno esperto (ci si è voluti rivolgere, in modo particolare agli studenti del corso di laurea triennale in Filosofia) di potersi formare, il più agevolmente possibile, un'immagine complessiva dell'organo più sofisticato che la Natura abbia mai costruito, il cervello umano, ed un vocabolario adatto a descriverlo. Anche l'inserimento delle Tavole anatomiche e la descrizione per Sezioni sono finalizzati a facilitare un approccio plastico, visivo, all'organo in questione.

Nell'auspicare che tale modesto contributo possa essere di sprone ad un più fruttuoso approfondimento di questa affascinante materia, si consiglia di far precedere lo studio di questo manuale dalla lettura sia dell'Introduzione che delle Conclusioni, per meglio inquadrarlo nei termini suddetti.

Buona lettura.

INTRODUZIONE

Nel presente testo procederemo con una descrizione, per quanto sommaria, del sistema nervoso centrale umano, a cominciare dall'encefalo, introducendo nozioni fondamentali di neuroanatomia e neurofisiologia del sistema nervoso centrale, della dinamica caotica delle popolazioni neurali per descriverne i comportamenti e, sia pur succintamente, dei meccanismi dell'emergenza dell'informazione neurale, meccanismi che, a partire dalle ricerche del Secolo scorso in particolare, stanno mostrando come la natura dell'informazione prodotta a livello neuronale sia molto più articolata di quanto si era immaginato finora; in una parola, si tratta di una informazione complessa, facendo, con tale termine, esplicito riferimento alla Teoria della Complessità, qui applicata ai sistemi biologici. Abbiamo inoltre segnalato le novità che emergono da un'analisi più approfondita delle cellule gliali, considerate fino a poco tempo fa cellule di sostegno e, invece, riscoperte come sistema cellulare in grado di creare e, quindi, aggiungere nuova informazione o addirittura modificarla.

Questo contributo prende l'avvio, ovviamente, da una descrizione di quelli che sono i costituenti fondamentali a livello microscopico del tessuto nervoso, ovvero le sue unità anatomico-fisiologiche di base, i neuroni, e via via, avanzando nella descrizione dei vari tipi di cellule che lo compongono nonché delle varie suddivisioni della corteccia cerebrale

(aree), abbozzeremo quella che è una descrizione statica dell'organo, mentre, approcciando la descrizione della sua struttura macroscopica, della sua organizzazione generale, integrazione e interazione delle sue varie parti, nonché dei meccanismi di trasmissione interneurale, dei comportamenti degli aggregati neuronali (reti/popolazioni), tenteremo di fornire una sua visione dinamica.

Mediante l'inserimento delle Tavole anatomiche e della descrizione per Sezioni, si è voluto facilitare un approccio visivo all'organo in questione.

Infine, proprio per rispondere all'esigenza sopra descritta di meglio collocare il sistema nervoso centrale umano tra le strutture organiche a dinamica complessa, particolare rilievo è stato dato ad alcuni concetti base della dinamica delle popolazioni neuronali nonché all'introduzione per sommi capi di concetti riguardanti la modellizzazione matematica di sistemi dinamici, non lineari, con elevata imprevedibilità, ovvero a comportamento caotico (definizione, cinematica e dinamica degli attrattori) per poterne descrivere e comprendere più a fondo e concretamente la sua attività. Le reti neuronali, infatti, sono sistemi organici complessi, stabili in condizioni lontane dall'equilibrio la cui singolarità di comportamento ben riflette quella di processi caratterizzati da irreversibilità e dissipazione, come tutti i processi fisici reali caratterizzati dalla presenza di attriti, come pure la maggior parte dei processi chimici e la totalità dei sistemi biologici a cui il nostro sistema encefalo appartiene. Ora, proprio questo tipo di strutture dissipative con andamento caotico sono in grado di generare informazione nuova. Per questo, proprio in quanto sistemi dinamici caotici, descriverne il comportamento secondo questi criteri ne permette una visione molto più aderente alla complessità del reale; questa via interpretativa rappresenta pertanto il metodo più appropriato per la comprensione delle basi fisiche dell'auto-organizzazione e dell'auto-regolazione del nostro encefalo ed in generale, di tutto il nostro organismo, come di tutti i sistemi biologici. Capacità di auto-organizzazione e di auto-regolazione e generazione di informazione in cui si nascondono le motivazioni ultime del miracolo della vita come opposizione, seppur locale e provvisoria al decadimento entropico di tutti i sistemi fisici.

CAPITOLO I

IL NEURONE⁽¹⁾

L'encefalo è l'organo più sofisticato e complesso che la natura abbia mai realizzato. Sarà dunque necessario iniziarne la spiegazione a partire dalle cellule del sistema nervoso di cui fa parte, dalla loro struttura, funzione, e metodi di comunicazione, per poi esplorare in quale modo queste cellule sono assemblate in circuiti responsabili della creazione delle sensazioni, della percezione, del movimento, del linguaggio e delle emozioni. Inizieremo pertanto dalla cellula principe di tale sistema, il neurone appunto, per poi appurare quali sono i suoi meccanismi di funzionamento.

1.1. Dalle prime ipotesi di lavoro ai recenti traguardi della scienza⁽²⁾

La neuroscienza cellulare inizia a segnare dei progressi con lo sviluppo del microscopio composto verso la fine del XVII secolo, in quanto la piccola dimensione dei neuroni (da 0,01 a 0,05 mm di diametro) costituiva fino ad allora un ostacolo praticamente insormontabile,

(1) Per questo lavoro ci si è avvalsi del testo MARK F. BEAR, BARRY W. CONNORS, MICHAEL A. PARADISO, *Neuroscienze: Esplorando il cervello*, a cura di Clara Casco - Laura Petrosini - Massimiliano Olivieri, terza edizione italiana, Elsevier Masson, Milano, 2007.

(2) *Ivi*, 24.

essendo queste dimensioni al di là del limite di ciò che può essere visto a occhio nudo. Un'altra difficoltà, ai fini dell'osservazione al microscopio del tessuto cerebrale, era data dalla consistenza gelatinosa e poco compatta del tessuto. Fu necessario (e ciò avvenne nei primi anni del XIX secolo) indurire o fissare i tessuti nervosi immergendoli nella formaldeide per ridurli in fettine molto sottili grazie ad un microtomo. Lo sviluppo di queste tecniche di sezione e fissaggio dei tessuti rese possibile la nascita di un nuovo campo di ricerche chiamato istologia: lo studio tramite microscopia delle strutture tissutali. La svolta finale nella Neuroistologia avvenne con l'introduzione di tinture che colorassero selettivamente alcune parti delle cellule del tessuto cerebrale che, altrimenti, in sé risulterebbero trasparente all'indagine al microscopio ottico. Un colorante che viene usato ancora oggi, scoperto dal neurologo tedesco Franz Nissl, è in grado di distinguere i neuroni dalle cellule gliali (cellule non nervose ritenute fino a poco tempo fa con mera funzione di sostegno e protezione da agenti esterni, che avremo modo di approfondire⁽³⁾), e di studiare la disposizione dei neuroni in diverse parti del cervello (*citoarchitettura*). Grazie allo studio della citoarchitettura si è potuto comprendere come il cervello sia costituito da diverse regioni specializzate in grado di compiere funzioni differenti. Un ulteriore passo in avanti venne compiuto solo dopo il lavoro dell'istologo italiano Camillo Golgi, il quale, nel 1873, scoprì che impregnando del tessuto cerebrale con una soluzione di cromato d'argento, ora chiamata *colorante di Golgi*, una piccola percentuale di neuroni, assorbendola, manifestava la propria struttura dettagliata. Questa scoperta rivelò che il corpo del neurone è in realtà solo una piccola frazione della struttura totale del neurone stesso. Sarà proprio il colorante di Golgi a mostrare che i neuroni hanno almeno due parti distinte: una regione centrale contenente il nucleo della cellula, e numerose diramazioni che si irradiano dalla regione centrale. La regione rigonfia contenente il nucleo della cellula viene usualmente chiamata *corpo cellulare, soma, o pericario*. Le diramazioni che si irradiano dal soma sono divise in due categorie: l'*assone* (responsabile del trasporto dei messaggi in uscita o *output*) e i *dendriti* (che i primi

(3) Cfr. § 5.1 e seguenti.

istologi riconobbero con funzione di antenne neuronali per ricevere i segnali in arrivo o *input*). I dendriti di un neurone normalmente sono molti, l'assone è unico.

Sarà Santiago Ramón y Cajal, istologo spagnolo, a comprendere, grazie al metodo di impregnazione di Golgi, il funzionamento dei circuiti cerebrali di molte regioni del cervello. Cajal, infatti, intuì correttamente che i neuriti dei differenti neuroni sono connessi tra loro *per contatto e non per continuità*, a differenza di Golgi che sostenne il punto di vista per cui i neuriti sono fusi insieme a costituire un reticolo continuo, una rete simile a quella arteriosa e venosa del sistema circolatorio. Sarà però l'idea di Cajal, contro la teoria reticolare di Golgi, ad avere fortuna in quanto la sua idea non smentisce la teoria cellulare. Golgi e Cajal condivisero, per le loro scoperte, il premio Nobel nel 1906. La teoria di Cajal sarà ricordata come *la dottrina del neurone*. L'amplificato potere di risoluzione del microscopio elettronico, a partire dagli anni cinquanta del XX secolo, confermerà questa teoria secondo la quale i diversi neuroni non sono uniti l'uno all'altro.

Perciò il punto di partenza nell'esplorazione del cervello deve essere il singolo neurone, che ne costituisce l'unità anatomo-funzionale di base.

1.2. Struttura del neurone prototipico⁽⁴⁾

Il neurone dunque, come abbiamo visto, consiste di tre diverse parti principali: il *soma*, i *dendriti* e l'*assone* (Fig. 1 e 2). L'interno del neurone è separato dall'esterno da una membrana delimitante, la *membrana neuronale*. Procediamo ad una sintetica esplorazione interna del neurone per comprendere le funzioni delle sue varie parti.

(4) *Ivi*, 27.

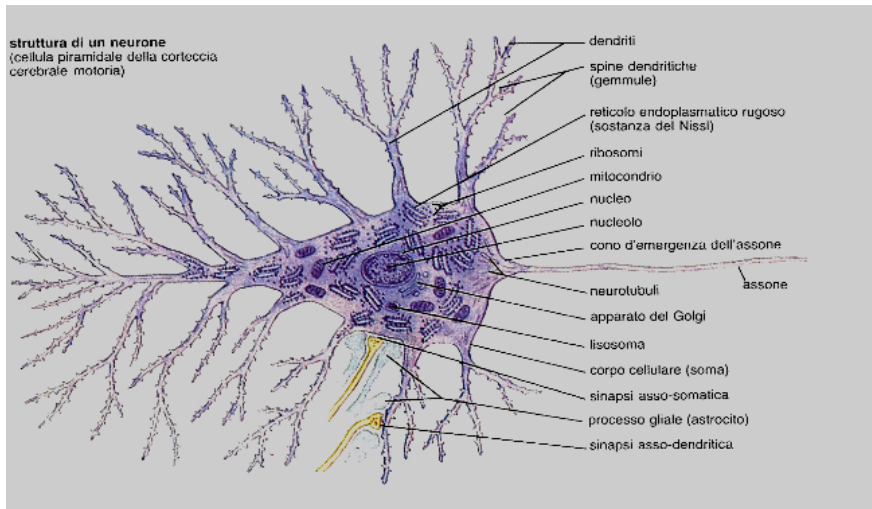


Figura 1. Struttura di un neurone. [da: Silvio Fiocca, *Fondamenti di Anatomia e Fisiologia Umana*, Gnocchi-Idelson, Sorbona, Napoli, 1991, p. 438.]

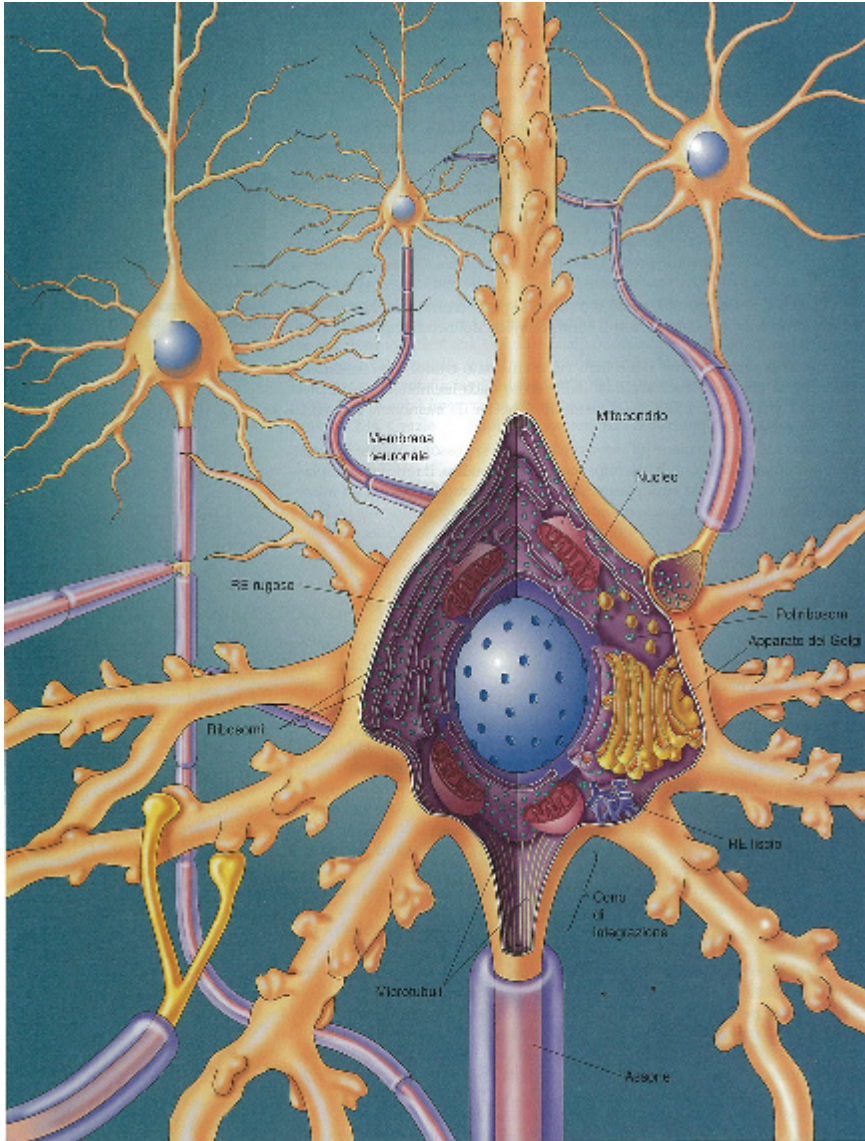


Figura 2. La struttura interna di un neurone tipico [da: MARK BEAR, BARRY W. CONNORS E MICHAEL A. PARADISO, *Neuroscienze, esplorando il cervello*, a cura di Clara Casco - Laura Petrosini - Massimiliano Olivieri, terza edizione italiana, Elsevier Masson, Milano, 2007, p. 28.]