

# I GRANDI SEGRETI DEL **CERVELLO**

**I progressi scientifici  
che stanno trasformando  
il nostro mondo**

# I misteri del cervello allo scoperto

Nelle ultime decadi, lo studio del nostro organo più complesso, il fondamento della nostra umanità, ha sperimentato una vera rivoluzione.

Lo sviluppo di nuove tecniche di neuroimaging (scansione cerebrale), gli ultimi progressi compiuti in anatomia microscopica o le scoperte sui meccanismi molecolari che regolano il funzionamento dei neuroni hanno aperto il cammino verso la comprensione del cervello, ma anche a nuove e affascinanti sfide.

- **Come interagiscono i neuroni per generare la memoria, il linguaggio e il resto delle funzioni che ci contraddistinguono come esseri umani?**
- **Dove risiede la coscienza?**
- **Qual è la base neurologica delle emozioni?**
- **Che cos'è la plasticità cerebrale e quali sono i suoi limiti?**
- **Qual è il futuro della battaglia contro l'invecchiamento e le malattie del nostro cervello?**

**Se il XX secolo  
è stato il secolo della fisica,  
il XXI sarà quello del cervello.**

*Non esiste una materia scientifica più vitale per l'uomo dello studio del proprio cervello. Il nostro punto di vista sull'universo intero dipende da esso.*

**Francis Crick**

*Il cervello umano ha 100 miliardi di neuroni e ogni neurone è collegato ad altri 10 mila neuroni. Sulle nostre spalle poggia l'oggetto più complesso, secondo le conoscenze attuali, dell'intero universo.*

**Michio Kaku**

# La più grande avventura scientifica del nostro tempo

Scopri com'è fatto e come funziona il cervello. Tutto ciò che la scienza ha scoperto, ma anche tutto ciò che ancora non conosciamo.

- **La scienza più all'avanguardia e multidisciplinare**

lo studio del nostro cervello è la sfida più grande e attuale in cui confluiscono le neuroscienze, la biologia, l'informatica...

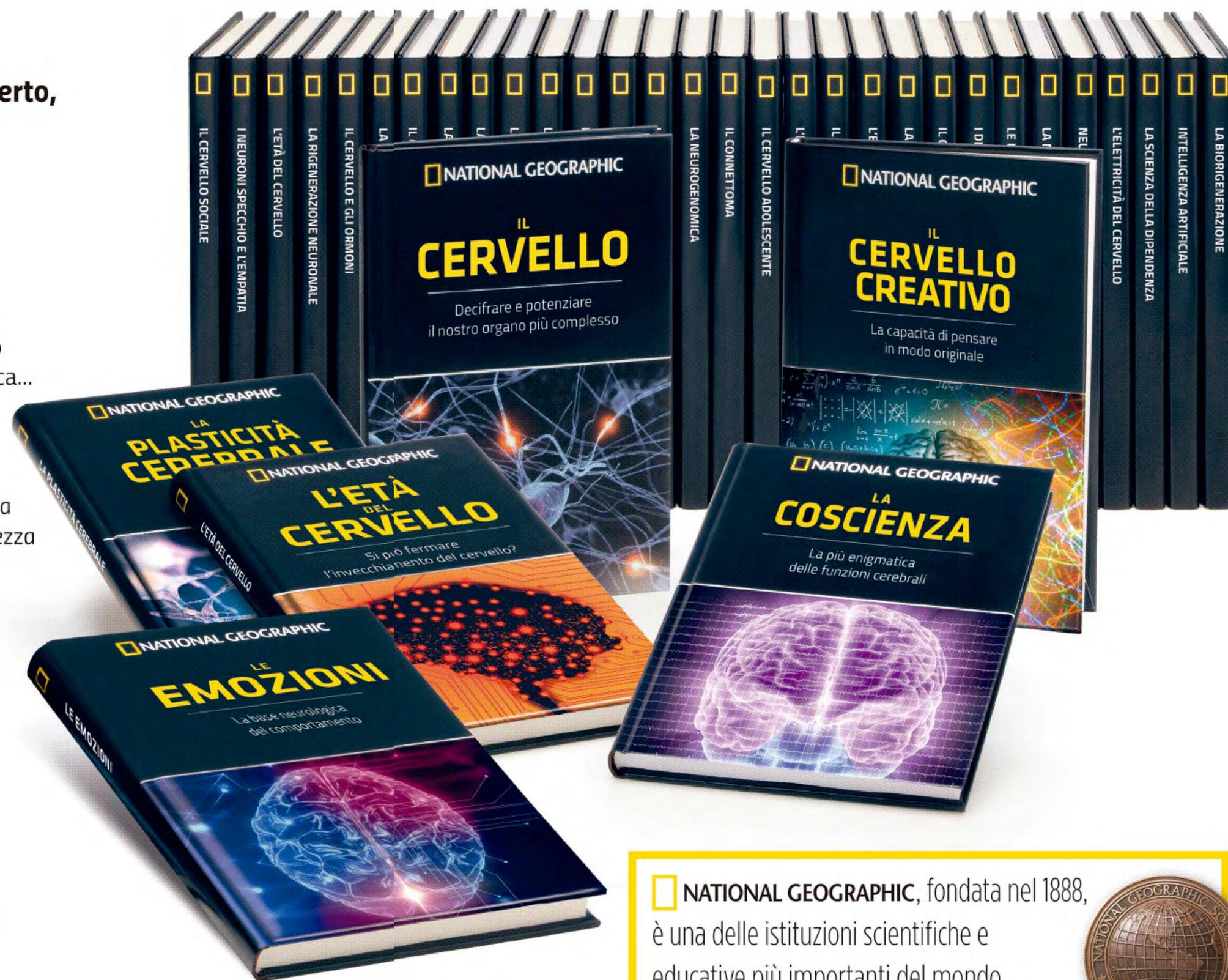
- **Un'opera rivolta a tutti**

un testo appassionante e un vasto apparato iconografico di immagini e illustrazioni assicurano una lettura fluida senza compromettere il rigore e l'accuratezza dei contenuti.

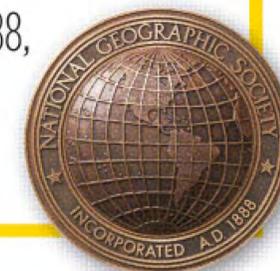
- **Con la garanzia di esperti di fama mondiale**

un comitato di esperti di più branche del sapere scientifico garantisce la rilevanza dei temi selezionati.

**Un viaggio straordinario nel luogo più sorprendente dell'universo: il nostro cervello.**



 NATIONAL GEOGRAPHIC, fondata nel 1888, è una delle istituzioni scientifiche e educative più importanti del mondo.



# Un comitato scientifico di prestigio mondiale

## ***Direttori scientifici***

---

### **Javier DeFelipe**

Esperto in neuroscienza cellulare e molecolare, riconosciuto per i suoi eccezionali risultati conseguiti nell'ambito delle scienze anatomiche. È professore e ricercatore presso l'Istituto Cajal (CSIC), direttore del progetto Cajal Blue Brain e uno degli scienziati più illustri alla guida dello Human Brain Project.

## ***Consiglieri scientifici***

---

### **Marina Bentivoglio**

Medico chirurgo, specializzata in neurologia e riconosciuta per i suoi studi sull'anatomia del sistema nervoso, sui circuiti neurali, sulle malattie neurovegetative e sull'invecchiamento cerebrale. È docente di Istologia presso l'Università di Verona.

### **Gustavo Deco**

È ricercatore capo in neuroscienze computazionali. Opera presso il Centro para Cerebro y Cognición (Centro Neurocognitivo) dell'Università Pompeu Fabra di Barcellona e presso l'Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados (ICREA).

### **Kathinka Evers**

Filosofa ed esperta in neuroetica, concentra le sue ricerche sui fondamenti neurologici della coscienza umana. È condirettrice dello Human Brain Project, è stata ricercatrice presso il Centro di Etica e Bioetica dell'Università di Uppsala (Svezia).

### **Sten Grillner**

Neurofisiologo, considerato uno dei massimi esperti al mondo nello studio del cervello e del suo ruolo nel comportamento motorio. È professore e direttore del Nobel Institute for Neurophysiology, all'interno del prestigioso Karolinska Institute di Stoccolma.

### **Pasko Rakic**

Neuroscienziato specializzato nello sviluppo e nell'evoluzione del cervello e del sistema nervoso. È docente di Neuroscienze e Neurologia presso la Facoltà di Medicina dell'Università di Yale.

### **Giacomo Rizzolatti**

Medico e neurologo, scopritore e massimo referente mondiale per gli studi relativi al comportamento dei neuroni specchio, studia il sistema motorio e il suo ruolo nelle funzioni cognitive. Guida il gruppo di ricerca del Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Parma.

### **Ranulfo Romo**

Medico chirurgo e neurofisiologo, le sue ricerche approfondiscono il ruolo della neurofisiologia nella percezione e codificazione dei modelli temporali nella corteccia cerebrale. È ricercatore presso l'Istituto di Fisiologia Cellulare dell'Università Nazionale Autonoma del Messico.

### **Gordon Shepherd**

Neuroscienziato specializzato nello studio dei microcircuiti cerebrali, è esperto in neuroscienze computazionali. È docente di Neurobiologia presso la Facoltà di Medicina dell'Università di Yale.



# L'oggetto più complesso dell'universo

## 1850

- 1861
- **Paul Broca**
- Localizzazione dell'area cerebrale del linguaggio.

## 1900

- 1889
- **Santiago Ramón e Cajal**
- Teoria neuronale.

## 1950

- 1921
- **Otto Loewi**
- Scoperta dei neurotrasmettitori.
- 1932
- **Charles Sherrington**
- Descrizione della sinapsi.
- 1952
- **Alan Hodgkin e Andrew Huxley**
- Meccanismo della trasmissione neuronale.

## 2000

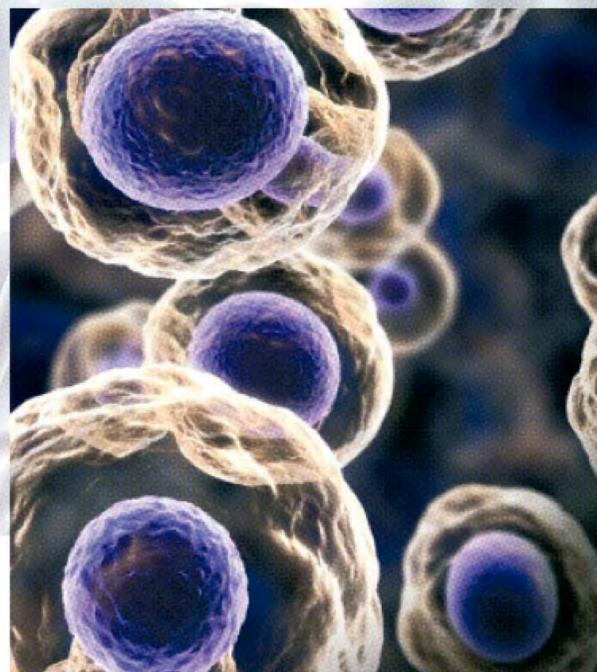
- 1981
- **David H. Hubel e Torsten N. Wiesel**
- Come funziona la visione.
- 1992
- **Giacomo Rizzolatti**
- Descrizione dei neuroni specchio.
- 2000
- **E. Kandel, A. Carlsson e P. Greengard**
- Studio scientifico della memoria.
- 2005
- **Olaf Sporns**
- Il connettoma.
- 2013
- Presentazione dello **Human Brain Project** e dell'**Iniziativa BRAIN**.

## Personaggi e scoperte del XX secolo

### NEURONI, MOLECOLE E GENETICA

Il cervello è una rete incredibilmente complessa di neuroni connessi che comunica attraverso impulsi elettrici di origine chimica. Se potessimo guardare ancor più in profondità vedremmo che le molecole e la genetica giocano un ruolo fondamentale.

- Il cervello
- La neurogenomica
- Il connettoma
- La chimica del cervello
- L'elettricità del cervello



### SVILUPPO E INVECCHIAMENTO

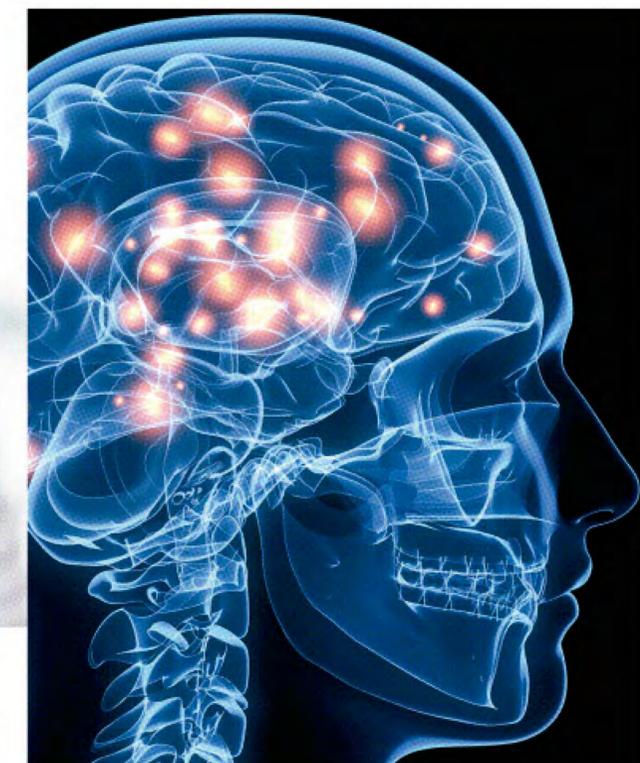
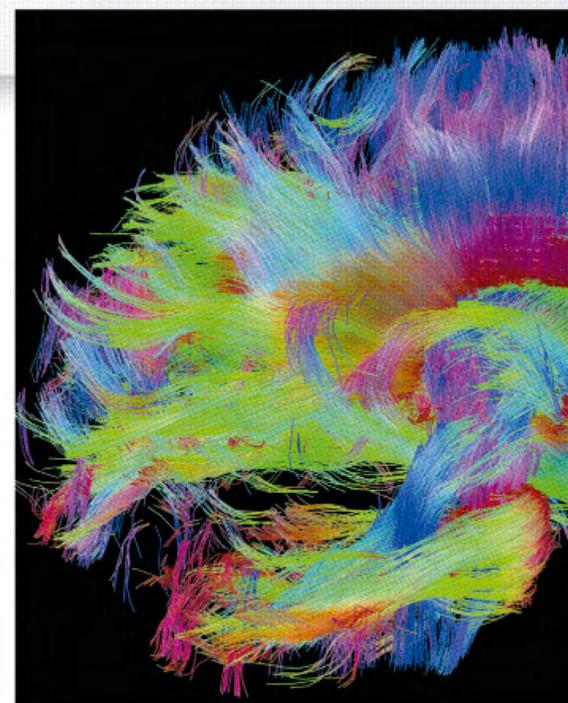
Le connessioni neuronali cambiano nel corso del tempo e secondo le circostanze. Il cervello di un bambino è notevolmente diverso da quello di un anziano.

- L'età del cervello
- Il cervello infantile
- L'evoluzione del cervello
- La plasticità cerebrale

### APPRENDIMENTO E COGNIZIONE

Il cervello umano ha un *range* enorme di capacità, tutte frutto dell'interazione neuronale. Spiegare il suo funzionamento è una delle maggiori sfide della neuroscienza.

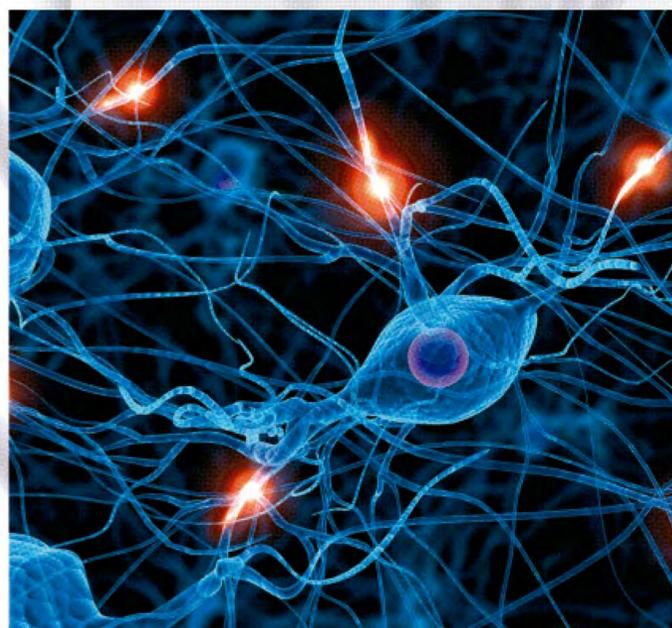
- La memoria
- Le emozioni
- La coscienza
- Il linguaggio
- Le neuroscienze e l'apprendimento



### LA SALUTE DEL CERVELLO

Una maggiore comprensione del cervello ci permetterà di combattere le sue patologie e persino di potenziare le sue capacità.

- Il futuro dell'Alzheimer
- La rigenerazione neuronale
- Le interfacce cervello-computer



# Un'opera rigoro sa rivolta a tutti

I grandi segreti del cervello svela ai lettori le ultime conquiste e le sfide scientifiche con un linguaggio piacevole, chiaro e rigoroso. Un modo nuovo di spiegare la scienza che si serve di ogni tipo di supporti grafici ed esplicativi per rendere comprensibili e spettacolari i contenuti più complessi.

go la linea mediana. Senza questo asse di simmetria corporea, il pianeta sarebbe ancora abitato solo da anemoni di mare, spugne e simili. Infatti, il passaggio dalla simmetria radiale (o raggiata), propria di questi organismi, alla simmetria bilaterale ha creato negli animali un lato sinistro e un lato destro, speculari, e il relativo sistema nervoso. Una delle acquisizioni più importanti nell'evoluzione del sistema nervoso centrale dei vertebrati è stata la comparsa, nella regione più esterna del telencefalo, di

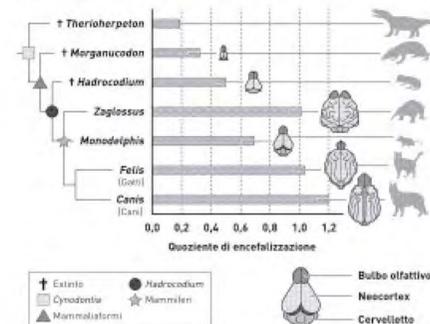
lamine superficiali di neuroni che poco a poco avrebbero formato la corteccia (o cortex). Nei mammiferi ha preso forma una corteccia particolarmente complessa - composta da cinque o sei strati - che, essendo comparsa solo recentemente nel corso dell'evoluzione, è stata denominata *neocorteccia* (o neocortex).

La comparsa di cervelli complessi comporta, inoltre, l'impianto dei neuroni nel posto giusto e la creazione di interconnessioni appropriate attraverso le quali ogni informazione possa essere trasmessa dall'uno all'altro neurone a una velocità sufficiente. Tali connessioni hanno finito per assumere la seguente forma: il corpo cellulare del neurone e le sue proiezioni ramificate, i dendriti, ricevono informazioni da altre cellule. Una volta elaborate, le trasmettono lungo l'assone fino alla sinapsi, e dal lì al neurone successivo.

Sulla base dei dati forniti dai reperti fossili, il processo di formazione dei primi cervelli complessi avrebbe avuto luogo tra 560 e 520 milioni di anni fa, durante la cosiddetta esplosione del Cambriano, in cui si verificò la comparsa improvvisa di una fauna pluricellulare molto diversificata. Solo nel ramo evolutivo umano, tuttavia, troviamo una drastica ristrutturazione del cervello e, pertanto, della coscienza. Bisognerà dunque attendere la raffinata complessità del cervello umano per spiegare lo sviluppo delle funzioni mentali che ci definiscono come esseri coscienti e sociali.

## > L'IMPORTANZA DELL'OLFATTO

L'esame di due crani fossili degli inizi del Giurassico, trovati in Cina e appartenenti a specie che hanno preceduto i primi mammiferi - *Morganucodon oehleri* e *Hadrocodium wui* - ha permesso di constatare che la dimensione relativa del cervello cresceva dal genere estinto *Therioherpeton* fino ai valori propri dei mammiferi, con bulbi olfattivi più grandi, neocorteccia, corteccia olfattiva e cervelletto. Nel caso di *Morganucodon*, la maggiore dimensione era dovuta soprattutto allo sviluppo di aree del cervello coinvolte nell'elaborazione di stimoli olfattivi e tattili, oltre alla coordinazione del movimento. Anche *Hadrocodium* era dotato di un cervello sviluppato, soprattutto nelle aree legate al senso dell'olfatto. Un olfatto migliore potrebbe aver posto la base neuronale per una maggiore capacità di confrontarsi con diversi tipi di informazioni ambientali.



La tavola mostra l'evoluzione del quoziente di encefalizzazione a partire da generi estinti come *Therioherpeton* e *Morganucodon*, fino ai mammiferi attuali.

Un testo scorrevole e solidamente strutturato con citazioni, riquadri e altri supporti esplicativi che permettono una lettura fluida.

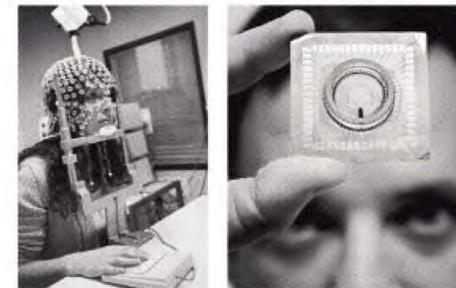
L'ultima metafora, sempre di Ramón y Cajal, è geografica. «Il cervello è un mondo che consta di numerosi continenti inesplorati e grandi estensioni di territorio sconosciuto», scrisse il neuroscienziato. Di certo, l'encefalo è suddiviso in tre parti principali (cervello, tronco encefalico e cervelletto), a loro volta suddivise in centinaia di aree minori con funzioni estremamente varie che danno vita a un'orografia perfettamente dettagliata.

Una metafora che combina tutte le precedenti potrebbe essere quella di una sorta di internet, una rete di reti formata da miliardi di computer collegati gli uni agli altri tramite segnali condivisi in un linguaggio proprio. Ma, così come internet e i computer trasformano programmazioni e architetture complesse in informazioni che tutti possiamo capire facilmente, per esempio una pagina di Wikipedia, i prodotti finali del cervello sono i pensieri, i ricordi, le emozioni e le sensazioni: in definitiva, la mente. E svelarne i segreti è lo scopo ultimo dello studio del cervello.

Al di là delle metafore, però, che cosa sappiamo della struttura di questo organo tanto importante? Quali sono i suoi componenti? Come si relazionano e come generano le catene di eventi dalle quali emergono i processi mentali?

## UNA PASSEGGIATA NEL CERVELLO

Per capire il cervello bisogna addentrarsi nel territorio ancora più sconosciuto che sottende la nostra mente. Il cervello è un organo sofisticato che, nel corso dell'evoluzione, si è ripiegato e compat-



Arriba, una mujer con un casco de electrodos durante una EEG (izquierda), y matriz de microelectrodos o MEA (derecha). Abajo, vista de las fibras nervosas de la materia blanca obtenida mediante imagen por tensión de difusión (ITD).

Fig. 1

**Livello molecolare**  
È quello del DNA dei neuroni, dei neurotrasmettitori e delle proteine che propagano l'impulso nervoso attraverso le sinapsi.

**Livello cellulare**  
È quello dei diversi tipi di cellule cerebrali, con diverse morfologie e funzioni nell'ambito del sistema nervoso.

**Livello delle reti neurali**  
I neuroni si raggruppano e si connettono formando reti neurali, che si attivano per compiere determinate funzioni.

**Livello funzionale**  
Le reti neurali si integrano in diverse aree cerebrali, che in molti casi sono vincolate a una funzione specifica.

**Cognizione e comportamento**  
Il cervello elabora le informazioni sensoriali e il movimento, e gestisce i processi cognitivi, le emozioni e il comportamento.

Il cervello è un sistema complesso che si organizza su vari livelli ordinati gerarchicamente e interdipendenti.

Schemi, disegni e infografiche 3D accuratamente ideati, scritti e realizzati per spiegare i meccanismi della natura e della ricerca scientifica.

Le immagini più significative, selezionate fra i migliori archivi fotografici scientifici del mondo.

# I primi titoli della collana

Una selezione delle più grandi sfide della scienza e della ricerca scientifica a cui oggi chiediamo le risposte.



## IL CERVELLO

Decifrare e potenziare il nostro organo più complesso

Il cervello è l'organo più misterioso dell'universo. Non per niente è l'unica parte del corpo umano il cui funzionamento ancora sfugge alla nostra comprensione. I recenti progressi in vari campi, come la biologia molecolare o le tecniche di neuroimaging, ci fanno ritenere, tuttavia, che presto saremo in grado di mapparlo. Conoscere dettagliatamente la sua struttura e i suoi meccanismi ci consentirà di correggerne i difetti e di potenziare le nostre capacità fino a limiti inimmaginabili. Ma, soprattutto, ci fornirà la chiave per decifrare i segreti della mente e raggiungere la piena comprensione della nostra identità di esseri umani.

## LA MEMORIA

Le connessioni neuronali che racchiudono il nostro passato

La memoria definisce ciò che siamo in una rete di vissuti e apprendimenti che si genera tramite le connessioni neuronali. Come noi, anche la memoria è piena di imperfezioni. Tuttavia, straordinarie ricerche nei campi delle neuroscienze e della cibernetica sono riuscite a penetrare in profondità nei suoi processi di codifica e archiviazione dei ricordi. Inoltre, sono in fase di sviluppo tecniche per correggere gli errori, ripristinare i ricordi e riparare i danni derivanti da malattie neurologiche come l'Alzheimer. L'integrazione tra la memoria biologica e quella tecnologica potrebbe consentirci di potenziare e ampliare la nostra capacità di memoria, e anche di trasferire o modificare i nostri ricordi.



## LA COSCIENZA

La più enigmatica delle funzioni cerebrali

La coscienza è il punto focale delle ricerche neuroscientifiche attuali. Ciò è in parte dovuto allo sviluppo di tecnologie che permettono, letteralmente, di "vedere" quali parti del cervello si attivano quando compiamo un'azione in modo consapevole. Il meccanismo da cui nasce questa consapevolezza, tuttavia, continua a essere uno dei più grandi misteri della natura. Sappiamo per certo che la coscienza svolge una funzione chiave nella sopravvivenza, dal momento che si può tracciare la sua evoluzione nel regno animale. E siamo addirittura vicini a localizzare dove ha sede nel cervello. Sarà dunque possibile, in un giorno non troppo lontano, spiegare da un punto di vista scientifico la realtà intima e soggettiva di ciò che significa essere coscienti?



## LE EMOZIONI

La base neurologica del comportamento

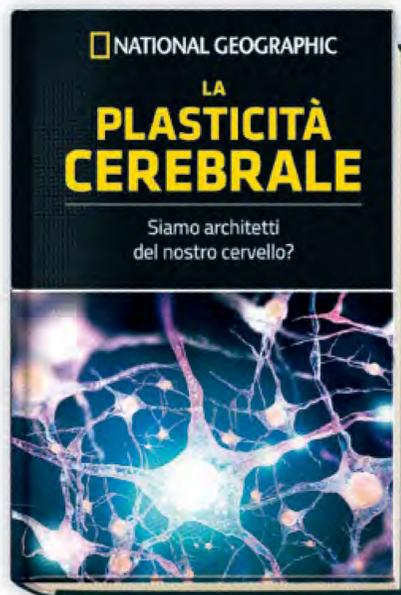
L'evoluzione ci ha dotati di due sistemi mentali per affrontare la vita quotidiana: l'intelligenza razionale e le emozioni. Queste ultime sono esperienze consapevoli che implicano un'attività cerebrale coordinata in diverse aree encefaliche e che portano con sé una sensazione piacevole o disturbante. Alcune emozioni sembrano semplici come i riflessi, mentre altre prevedono un'importante componente culturale e una grande complessità di elaborazione. Capire le emozioni ci può permettere di tradurle in algoritmi, progettare emozioni artificiali e incorporarle in sistemi tecnologici. Ragione ed emozione saranno, come sono sempre state, due strategie di base per affrontare il futuro.

## IL LINGUAGGIO

Le basi neurali della comunicazione

Il linguaggio è onnipresente nella cultura umana, poiché è legato a molte capacità correlate alla conoscenza, come il pensiero simbolico, la memoria, la percezione, la coscienza e persino il movimento. Grazie alle scoperte scientifiche più recenti, stiamo comprendendo i complessi rapporti bidirezionali tra le nostre abilità linguistiche e il cervello, e ciò rappresenta un passaggio cruciale nello studio delle basi biologiche del linguaggio. Le nuove applicazioni pratiche della ricerca sul linguaggio in campi come la medicina o l'intelligenza artificiale ci consentono di comprendere profondamente questa affascinante facoltà che ci distingue dagli altri esseri viventi.





## LA PLASTICITÀ CEREBRALE

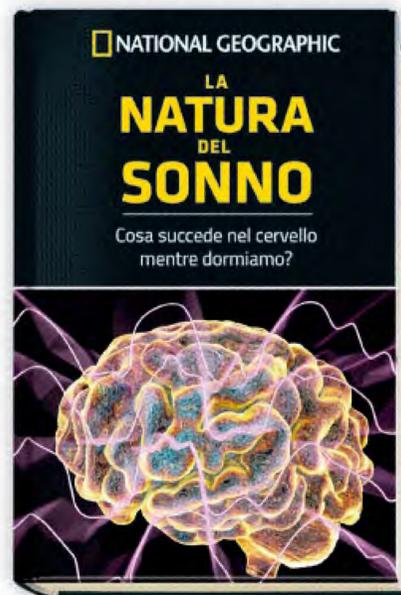
### Siamo architetti del nostro cervello?

Il cervello è estremamente dinamico e questa caratteristica permette all'organismo di reagire alle sfide ambientali in modo sempre più adeguato, sviluppando le proprie capacità e traendo frutto dall'esperienza. Gli elementi fondamentali di questa capacità sono già presenti durante lo sviluppo embrionale, quando la creazione di nuovi neuroni porta al graduale passaggio da cellule indifferenziate a elementi nervosi altamente complessi e interconnessi, responsabili di tutte le nostre funzioni superiori. Una parte di questi meccanismi si arresta quando il cervello raggiunge la maturità, mentre altri, come la connessione tra i neuroni, si mantengono attivi durante tutta la vita, per consentire le funzioni di apprendimento e di memoria. Comprendere approfonditamente questo processo ed essere in grado di intervenire su di esso rappresentano una delle sfide più ambiziose del XXI secolo, sia per le evidenti applicazioni nell'ambito della salute sia per la possibilità di ampliare le normali capacità umane.

## LA NATURA DEL SONNO

Cosa succede nel cervello mentre dormiamo?

Nella prima metà del XX secolo, l'elettroencefalogramma ha permesso per la prima volta di osservare l'intensa attività del cervello durante il sonno, mentre la scoperta della fase REM, nel 1953, ha dato inizio all'analisi di questo stato complesso, durante il quale l'organismo si ripara e il cervello rinforza e riorganizza ciò che ha appreso, immagina scenari futuri e cura le ferite emotive. Le nuove tecnologie hanno consentito di indagare a fondo le caratteristiche più recondite dei meccanismi cerebrali del sonno e presto potremo spiegare con maggiore dettaglio come esso, ogni notte, riesca a riparare il corpo e la mente. Grazie a ciò, probabilmente, saremo in grado di utilizzarlo come strumento terapeutico per vivere meglio e più a lungo.



## LA NEUROSCIENZA DELL'APPRENDIMENTO

La costruzione del cervello mediante l'esperienza

La neuroscienza mostra come potenziare l'apprendimento e la memoria attraverso tecniche e procedimenti basati sui meccanismi neuronali e sul funzionamento delle reti cerebrali che favoriscono l'apprendimento. Sono emersi con forza concetti come connettoma, decodificazione cerebrale, protesi di memoria e trapianti di apprendimento, che offrono e anticipano la capacità di autoregolare il cervello e di fargli raggiungere il massimo livello di funzionamento. Le capacità cognitive potranno essere rafforzate mediante l'optogenetica, i sistemi di interfaccia neurale, il neurofeedback e la stimolazione cerebrale chimica, elettrica, magnetica, mediante ultrasuoni o nanoparticelle. L'automodulazione cerebrale permetterà a ognuno di diventare architetto del proprio cervello.



## ALTRI TITOLI

### IL CERVELLO CREATIVO

La capacità di pensare in un modo diverso dal solito

### L'ETÀ DEL CERVELLO

Si può frenare l'invecchiamento cerebrale?

### IL FUTURO DELL' ALZHEIMER

Vincere l'oblio

### L'EVOLUZIONE DEL CERVELLO

L'affascinante storia della nostra mente

### INTELLIGENZA ARTIFICIALE

La strada verso la superintelligenza

### LE INTERFACCE CERVELLO-COMPUTER

Tecnologia per ampliare le nostre capacità

### LA NANOMEDICINA

La rivoluzione della medicina su scala molecolare

### LA BIONICA

Oltrepassare i limiti dell'evoluzione naturale

### I DISTURBI CEREBRALI

La lotta contro le malattie neurodegenerative

### IL CERVELLO SOCIALE

Perché siamo programmati per relazionarci con gli altri

### LA RIGENERAZIONE NEURONALE

La sfida di creare nuovi neuroni

### LA SCIENZA DELLA DIPENDENZA

Come le droghe cambiano il nostro cervello

### IL CERVELLO INFANTILE

I segreti dello sviluppo cognitivo

### IL CONNETTOMA

La mappa delle connessioni neurali

### LE NEUROSCIENZE DELLO SPAZIO E DEL TEMPO

Come ci orientiamo

...

**IN EDICOLA IL 26 FEBBRAIO**  
**SECONDA USCITA**



**2 VOLUMI**  
**SOLO**  
**€ 9,99\***  
Anziché € 19,98

**IN EDICOLA IL 12 MARZO**  
**TERZA USCITA**



**2 VOLUMI**  
**SOLO**  
**€ 9,99\***  
Anziché € 19,98

\*La collezione è composta da 30 uscite. Prezzo della prima uscita € 1,99. Prezzo della seconda uscita composta da due libri € 9,99. Prezzo della terza uscita composta da due libri € 9,99. Prezzo delle uscite successive € 9,99 (salvo variazione dell'aliquota fiscale). L'editore si riserva il diritto di variare la sequenza delle uscite dell'opera e /o i prodotti allegati. Qualsiasi variazione sarà comunicata nel rispetto delle norme vigenti previste dal Codice del Consumo (D.lgs 206/2005). © 2021 RBA ITALIA S.r.l.

**RBA**

**www.frontierescienza.it**