

MARCO MAGRINI

CERVELLO

MANUALE DELL'UTENTE



**guida semplificata
alla macchina più complessa
del mondo**

postfazione di Tomaso Poggio

 **GIUNTI**

Il libro

Cervello. Manuale dell'utente

«Il suo cervello le offre un servizio straordinario e irreplicabile. La contemporanea disponibilità di un sistema sensoriale per la percezione dell'ambiente, di un sistema nervoso per il controllo dell'apparato motorio, nonché di una coscienza integrata per discernere e decidere, le regalerà anni di continua esistenza.

Questo manuale, come quello di un qualsiasi altro prodotto, non guarda né

al passato remoto della nostra ignoranza né al distante futuro di una conoscenza oggi imperscrutabile. Si occupa di quel che si può realmente fare con un cervello umano nel presente: ovvero molto, molto di più di quel che si creda.

Gli avanzamenti della tecnologia, ma anche la straordinaria quantità di scoperte degli ultimi venti anni, confermano ogni giorno che passa l'intuizione di Santiago Ramón y Cajal, uno dei papà della neuroscienza: “Ogni essere umano, se è incline a farlo, può essere lo scultore del proprio cervello”.

È bene che il suo cervello, come quello di qualsiasi altro utente, sappia il come

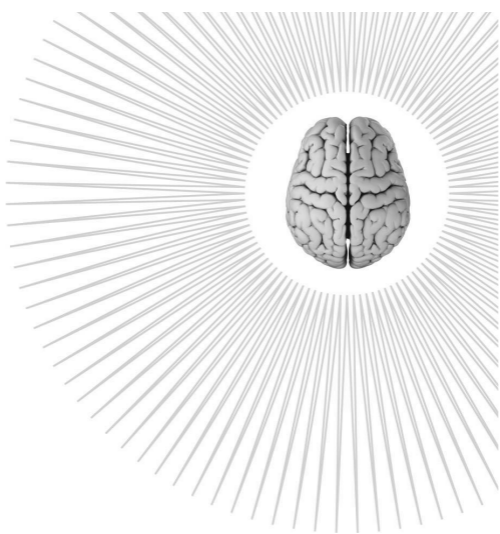
e il perché.»

L'autore

Marco Magrini

Il cervello di Marco Magrini ha fatto il giornalista per due terzi della propria vita neuronale. Nei 24 anni trascorsi al *Sole 24 Ore*, perlopiù come inviato speciale, si è prima occupato di banche e industria e poi (felicitemente) di scienza e tecnologia. Attualmente tiene il blog *Eureka* sul sito de *L'Espresso*, scrive su *TuttoGreen* de *La Stampa* e firma la rubrica *ClimateWatch* su *Geographical*, il mensile della Royal Geographical Society di Londra.

www.magrini.net



Grafica di copertina Lorenzo Pacini

Referenze fotografiche:

123RF: ©designua pp. 22, 27, 37.

AdobeStock: ©Ben Schonewille p. 50.

Shutterstock: ©vasabii, pp. 1, 45, 58; ©Kittisak

Taramas/graphixmania pp. 13, 19, 43, 65, 81,
99, 151, 175, 181, 205, 213, 225.

Progetto grafico: Lorenzo Pacini

Editing e redazione: Veronica Pellegrini

Impaginazione: Laura Venturi, Los Tudio

www.giunti.it

© 2017 Giunti Editore S.p.A.

Via Bolognese 165 – 50139 Firenze – Italia

Piazza Virgilio 4 – 20123 Milano – Italia

Prima edizione: ottobre 2017

ISBN 978-88-098-6550-1

Prima edizione digitale: ottobre 2017



PRO.DIGI  GIUNTI

FESTINA LENTE

MARCO MAGRINI

CERVELLO

MANUALE DELL'UTENTE

**guida semplificata
alla macchina più complessa
del mondo**

postfazione di Tomaso Poggio

 **GIUNTI**

A Jaja e Lilli

SOMMARIO

Per cominciare

- 1.0 **Visione d'insieme**
- 1.1 **Specifiche tecniche**
- 1.2 **Versione di sistema**

2.0 **Componenti**

- 2.1 **Neurone**
 - 2.1.1 Dendriti
 - 2.1.2 Soma
 - 2.1.3 Assone

2.1.4 Sinapsi

2.2 **Neurotrasmettitori**

2.3 **Cellule gliali**

2.3.1 Microglia

2.3.2 Astrociti

2.3.3 Oligodendrociti

2.4 **Altre componenti**

2.4.1 Barriera emato-encefalica

2.4.2 Liquido cerebrospinale

3.0 **Topografia**

3.1 **Cervello “rettile”**

3.1.1 Tronco encefalico

3.1.2 Cervelletto

3.2 **Cervello “mammifero”**

3.2.1 Talami

3.2.2 Amigdale

3.2.3 Ippocampi

3.2.4 Ipotalamo

3.2.5 Gangli della base

3.2.6 Giri cingolati

3.3 **Cervello “primate”**

3.3.1 Corteccia cerebrale

4.0 **Caratteristiche principali**

4.1 **Predizione**

4.2 **Memoria**

4.3 **Plasticità**

4.4 **Intelligenza**

5.0 **Installazione**

5.1 **Prima dell'avvio**

5.2 **Avvio**

5.3 **Requisiti energetici**

5.3.1 Alimentazione

5.3.2 Sonno

5.3.3 Esercizio fisico

5.4 **Raccomandazioni**

6.0 **Operatività**

6.1 **Sensi**

6.1.1 Olfatto

6.1.2 Gusto

6.1.3 Vista

6.1.4 Udito

6.1.5 Tatto

6.1.6 Tempo

6.2 **Sentimenti, emozioni**

6.2.1 Paura

6.2.2 Amore

6.2.3 Felicità

6.3 **Coscienza**

6.3.1 Percezione di sé

6.3.2 Empatia

6.3.3 Weltanschauung

6.4 **Oltre la coscienza**

6.4.1 Sistema della ricompensa

6.4.2 Libero arbitrio

6.4.3 Personalità

7.0 **Pannello di controllo**

7.1 **Motivazione**

7.2 **Attenzione**

7.3 **Apprendimento**

7.4 **Immaginazione**

7.5 **Decision-making**

7.6 **Controllo cognitivo**

8.0 **Modelli**

8.1 **Modello F[®] e Modello M[®] a confronto**

9.0 **Problemi comuni**

9.1 **Errori di calcolo**

- 9.1.1 Sinestesia
- 9.1.2 Placebo e nocebo
- 9.1.3 Pregiudizi cognitivi
- 9.1.4 False memorie
- 9.1.5 Abitudini e dipendenze
- 9.1.6 Stress cronico
- 9.1.7 Fobie e illusioni

9.2 **Malfunzionamenti**

- 9.2.1 Autismo
- 9.2.2 Depressione cronica
- 9.2.3 Disturbo ossessivo-compulsivo
- 9.2.4 Schizofrenia
- 9.2.5 Neurodegenerazione

9.3 **Miti da sfatare**

10.0 **End-of-Life (Eol)**

- 10.1 **Fase di approccio**
- 10.2 **Lifelong learning**
- 10.3 **Dopo tutto**

11.0 Estensioni

11.1 Espandere la memoria

11.2 Strategie per il cervello

11.3 Molecole per il cervello

12.0 Versioni future

12.1 Neurotecnologie

12.2 CGM

12.3 Intelligenza artificiale

Appendice

Garanzia

Risoluzione degli inconvenienti

Note legali

Postfazione di Tomaso Poggio

Bibliografia consigliata

Ringraziamenti

PER COMINCIARE

Congratulazioni per l'acquisto di questo prodotto esclusivo, fatto su misura per lei. Legga attentamente questo manuale e lo tenga a portata di mano per consultarlo ad ogni evenienza.

Il suo cervello le offre un servizio straordinario e irreplicabile. La contemporanea disponibilità di un sistema sensoriale per la percezione dell'ambiente, di un sistema nervoso per il controllo dell'apparato motorio, nonché di una coscienza integrata per discernere e decidere, le regalerà anni di continua esistenza.

Come diceva il celebre inventore Thomas Alva Edison, «il corpo serve a

portare in giro il cervello». Un modo bizzarro per dire che *noi siamo* il nostro cervello.

Il mondo è popolato da milioni di manuali. Sul sito www.manualsonline.com ce ne sono oltre 700mila, uno per qualsiasi macchina si possa avere: dalla friggitrice al tosaerba, dallo spazzolino elettrico alla porta del garage. Eppure, in questo microcosmo di informazioni spicciole, non si fa cenno alla macchina più importante che ognuno ha in dotazione.

Il cervello è una macchina. Quantomeno nel senso che compie una complessa serie di calcoli in parallelo per decodificare in tempo reale le

informazioni che gli arrivano dalle numerose “periferiche” sensoriali collegate, la più complessa delle quali è la vista. La risposta del cervello può essere paragonata a un algoritmo, come se la mente fosse il software che “gira” sull’hardware dell’encefalo.

Ma il cervello non è una macchina in senso letterale. Non è né hardware né software. *Wetware*, lo chiama qualcuno. Dove quel “wet”, bagnato, sottolinea la natura biologica della macchina cerebrale.

È il frutto più meraviglioso – e misterioso – dell’Evoluzione.

È meraviglioso perché non c’è nulla, nell’intero universo, che possa eguagliarlo per complessità. Eppure è

fatto degli stessi atomi della Tavola periodica che compongono le stelle, pazientemente arrangiati in modo da produrre il pensiero, la parola e l'azione. E quindi un sacco di altre cose: dalla storia alla filosofia, dalla musica alla scienza.

È misterioso perché proprio la scienza – una creazione del cervello stesso – sa di non saperne ancora abbastanza. Cioè quasi nulla.

Non solo non si sa bene come funzioni il cervello, ma non c'è neppure un consenso su cosa sia veramente. Figurarsi se c'è un'intesa su cosa sia la coscienza, la sua caratteristica più strabiliante, la proprietà cerebrale che ha acceso secoli di incomprensioni e di

dibattiti furibondi, e non solo fra teologi e filosofi. A titolo d'esempio, non c'è un'intesa unanime neppure su quella frequente perdita di coscienza chiamata sonno: si contano più di venti teorie alternative sul perché l'encefalo abbia bisogno di addormentarsi (mentre intanto continua a lavorare). Se è per questo, non c'è consenso nemmeno sulla natura dei disturbi del sonno e su alcune sgradite conseguenze, come la depressione. E ovviamente, indovini un po', non esiste un approccio o un'idea comune sulla depressione. E si potrebbe andare avanti così, all'infinito. Eppure, sappiamo un sacco di cose.

I primi filosofi si chiedevano se la mente risiedesse nel cervello o nel

cuore, con esponenti autorevoli come Aristotele che propendevano per il secondo. Oggi sappiamo che il cervello è il centro di controllo del sistema nervoso di tutti i vertebrati e di buona parte degli invertebrati. Sappiamo attraverso quali stadi si è evoluto. Sappiamo di cosa è composto. Sappiamo che conserva il codice genetico in ogni cellula, e sappiamo leggerlo. Abbiamo nuove tecnologie come la fMRI (risonanza magnetica funzionale) o la MEG (magnetoencefalografia) che ci permettono di osservare le attività cognitive mentre avvengono. Siamo avanzando a rotta di collo nella comprensione retrospettiva dell'intero

sistema.

Il manuale di un frigorifero lo redige il costruttore del frigorifero. Con il cervello, che è frutto di un'evoluzione lunga milioni di anni, soltanto gli indizi ricostruiti da generazioni di cervelli umani potranno alla fine sciogliere il mistero. È l'intelligenza che cerca di capire se stessa, quasi che fosse questa l'inevitabile evoluzione dell'Evolutione.

Un manuale completo di tutto ciò che sappiamo sul cervello, o crediamo di sapere, sarebbe monumentale e consultabile solo da un neuroscienziato. Questo manuale, invece, serve al comune utente di un cervello umano. È una collezione di semplificazioni della

cosa più complessa che c'è, ma – si spera – di qualche utilità per il pratico uso cerebrale di tutti i giorni.

«Se il cervello umano fosse così semplice da capire, saremmo così semplici che non ci riusciremmo», dice una famosa citazione, talmente famosa che viene attribuita ad almeno tre autori diversi*.

Alla fine però, ne siamo convinti, il genere umano ci riuscirà. È solo una questione di tempo. Non domani, ma fra 20, 100 o 200 anni, i cervelli degli *Homines sapientes* riusciranno a capire il cervello. Ma ci avranno messo, dall'inizio della loro apparizione evolutiva, alcune centinaia di secoli.

Anche questo manuale, come quello

di un qualsiasi altro prodotto, non guarda né al passato remoto della nostra ignoranza né al distante futuro di una conoscenza oggi imperscrutabile. Si occupa di quel che si può realmente fare con un cervello umano nel presente: ovvero molto, molto di più di quel che si creda.

Gli avanzamenti della tecnologia, ma anche la straordinaria messe di scoperte neuroscientifiche degli ultimi venti anni, ogni giorno che passa confermano l'intuizione di Santiago Ramòn y Cajal, uno dei papà della neuroscienza: «Ogni essere umano, se è incline a farlo, – scrisse nel lontano 1897 – può essere lo scultore del proprio cervello».

È bene che il suo cervello, come

quello di qualsiasi altro utente, sappia il come e il perché.

* La citazione è stata attribuita a Emerson Pugh dal figlio George, nel suo libro *The biological origin of human values*. Ma è stata anche attribuita a Larry Chang, nel libro *Wisdom for the soul*, e al matematico Ian Stewart.



1.0 VISIONE D'INSIEME

Ogni secondo che passa, incluso *questo*, il suo sistema nervoso centrale è il laboratorio di milioni di reazioni chimiche, di cui lei, peraltro, nemmeno si accorge. Sono il linguaggio utilizzato dal cervello per ricevere, elaborare e trasmettere informazioni.

Il cervello è stato a lungo concepito come una macchina. Visto che ogni idea è figlia del suo tempo, René Descartes l'aveva paragonato a una pompa idraulica, Sigmund Freud

a un motore a vapore, Alan Turing a un computer. Come può ben immaginare, Turing è quello che ci è andato più vicino. Il cervello non è esattamente un computer, ma l'analogia fra i due è innegabile.

Tutti e due trasmettono informazioni per mezzo di messaggi elettrici. È vero che nel computer i messaggi sono digitali (espressi nella matematica binaria di zero e uno) e nel cervello analogici (espressi in un arco variabile di millivolts). Ma la questione è più complessa, perché se la somma dei messaggi analogici supera un certo livello, il neurone “fa fuoco” e trasmette un impulso elettrico ai neuroni collegati. Se

invece il livello non viene superato, nulla accade. È un messaggio binario anche questo: sì o no, acceso o spento. [►sinapsi, 27]

Tutti e due calcolano. Ma se il computer ha una struttura seriale, ovvero calcola secondo una sequenza preordinata, il cervello opera in modalità parallela, eseguendo una grande mole di calcoli in contemporanea. [►sensi, 100] In compenso, i microprocessori per le applicazioni grafiche (chiamati GPU) adottano già una tecnologia parallela.

Tutti e due hanno bisogno di energia: il computer sotto forma di elettroni, il cervello sotto forma di ossigeno e

glucosio. [▶alimentazione, 87]

Tutti e due hanno una memoria espandibile: al primo basta aggiungere o sostituire banchi di memoria fatti di silicio, al secondo è sufficiente moltiplicare le connessioni sinaptiche attraverso lo studio, l'esercizio e la ripetizione. [▶memoria, 69]

Tutti e due si sono evoluti nel tempo: il computer a un ritmo esponenziale, raddoppiando ogni due anni la propria capacità di calcolo, mentre il cervello di *Homo sapiens* – originato dal primitivo cervello dei primitivi invertebrati – ci ha messo 500 milioni di anni e, negli ultimi 50mila, non è cambiato granché. Di fatto, si tratta dello stesso modello di base che lei, gentile utente, ha in

dotazione. [►topografia, 43]

Per secoli e millenni si è creduto che il cervello umano – ad esclusione del periodo dell'infanzia, quando impariamo a parlare e a camminare – fosse sostanzialmente statico e immutabile. Che un danno fisico al cervello fosse impossibile da riparare, neanche in parte. Che un ragazzo indietro negli studi dovesse fare i conti con invalicabili limiti cognitivi, alimentando così generazioni e generazioni di ineguaglianze sociali. Si credeva che cattive abitudini e dipendenze fossero fardelli da portare a vita, o che una persona di ottant'anni non potesse mantenere la memoria di una di cinquanta.

Invece, soltanto a partire dagli anni settanta del Novecento, abbiamo scoperto che è vero tutto il contrario: il cervello è in costante cambiamento. Anzi, il cambiamento è alla base stessa dei suoi meccanismi. Gli effetti di questa proprietà, anche chiamata plasticità cerebrale, [▶plasticità, 73] vanno al di là dell'immaginabile. Il cervello è un potente computer, asincrono e parallelo ma che, perdipiù, è capace di riadattare da solo il proprio hardware.

L'hardware cerebrale, composto da atomi e molecole arrangiati in maniera ingegnosa, impacchetta circa 86 miliardi di neuroni in un encefalo di un chilo e mezzo. Siccome ogni neurone può fare

fuoco e inondare di segnali migliaia di neuroni adiacenti anche 200 volte al secondo, c'è chi ha stimato che il cervello possa eseguire fino a 38 milioni di miliardi di operazioni al secondo. Quella storia che gli esseri umani usano soltanto il 10% del proprio cervello è una fandonia. [►miti da sfatare, 201] Ma il bello è che riesce a fare tutto questo, consumando neppure 13 watt/ora. Nessun supercomputer al mondo può ancora battere la capacità di calcolo di un cervello umano (sono “calcoli” anche la vista, l'udito o l'immaginazione) tantomeno la sua straordinaria efficienza energetica. E questo è solo l'inizio.

Quasi tutte le cellule del corpo

umano nascono e muoiono, incessantemente. Tutte fuorché le cellule neuronali, le uniche che la accompagnano lungo il cammino dell'esistenza, dal primo all'ultimo giorno della sua vita. [►end-of-life, 205] A conti fatti sono loro a produrre quel che lei è. La personalità, le capacità e il talento, l'erudizione e il vocabolario, le inclinazioni e i gusti, perfino i ricordi del passato sono in qualche modo scritti nella personale architettura neuronale. [►personalità, 146] Talmente personale che non esiste al mondo un cervello uguale al suo, neppure se lei avesse un gemello o una gemella.

Ebbene, la suddetta macchina è perfino in grado, entro certi limiti, di

correggere i difetti del proprio hardware. Quando un'area cerebrale viene incidentalmente danneggiata, il cervello è spesso capace di riprogrammarsi, di spostare altrove i collegamenti mancanti e in sostanza di aggiustarsi da solo. [►vista, 105] E se questo accade talvolta su grande scala (come nel caso di perdita della vista, quando le aree cerebrali inutilizzate si mettono al servizio di altri sensi), accade continuamente su piccola scala perché, con l'invecchiamento, molti neuroni muoiono e non tornano più. Ma quelli rimasti in vita sanno come fare a riorganizzarsi cosicché l'età che avanza non abbia conseguenze fatali. [►strategie per il cervello, 217] Non ditelo a un

processore di silicio, dove un solo transistor difettoso può arrestare l'intero marchingegno.

Quando si parla di riorganizzare le sinapsi però, le stimate 150mila miliardi di connessioni fra neuroni, il cervello non ha bisogno di fronteggiare un'emergenza. Lo fa da solo, spontaneamente.

L'influenza di un neurone su ognuno delle centinaia di neuroni collegati può essere molto forte, molto debole o in qualsiasi grado intermedio, a seconda della solidità e della forza di ciascuna sinapsi. C'è anche una sorta di regola, enunciata dallo scienziato canadese Donald Hebb, nel 1949: «*Neurons that fire together, wire together*». I neuroni

che fanno fuoco insieme si accoppiano e rafforzano il reciproco legame. È in questo modo che il cervello si riorganizza continuamente: creando nuove sinapsi, rafforzando quelle vecchie, tagliando via quelle che non servono più. [▶awio 83] Un gran numero di funzioni cerebrali, a cominciare dall'apprendimento, dipende da questo costante aggiustamento delle connessioni sinaptiche e dalla loro forza, solidità. Insomma, al contrario di quel che si è creduto per secoli, il cervello umano è tutt'altro che statico e immutabile:

- in alcuni casi è in grado di auto-ripararsi;
- un bambino “indietro negli studi” può imparare a imparare. Basta insegnargli

come fare e invece di mortificarlo incoraggiarlo; [▶apprendimento, 159]

- una qualsiasi cattiva abitudine, per sgradevole o veniale che sia, può essere abbandonata. Una dipendenza anche grave, come quella acuta da gioco, può essere controllata e sottomessa; [▶abitudini e dipendenze, 189]
- una vecchietta può mantenere la memoria di un giovane adulto, se non smette di apprendere e di sforzarsi cerebralmente; [▶lifelong learning, 210]
- all'opposto, anche una condizione di stress prolungato, se non addirittura una sindrome da stress post-traumatico, produce cambiamenti indesiderati e di lungo termine alle

connessioni cerebrali. [▶stress cronico, 192] Attenzione: in qualche caso, un imperfetto funzionamento della macchina cerebrale può implicare patologie o altre risposte indesiderate che sono fuori dalla portata, semplicemente divulgativa, di questo manuale [▶note legali, 241] e che richiedono consigli e cure da parte di professionisti specializzati. [▶malfunzionamenti, 196]

L'utente di un cervello funzionante può scoprire che, quasi sempre attraverso una volizione – una presa di volontà – è in grado di modificare, aggiustare, sintonizzare almeno in parte la propria configurazione sinaptica. [▶pannello di controllo, 151] Che poi, detta

in soldoni, vuol dire la propria vita.

In attesa di fare la conoscenza di qualche alieno di un'intelligenza superiore, il cervello di *Homo sapiens* resta la cosa più complessa, stupefacente e fantastica dell'universo. È la complessità che rende quei neuroni capaci di produrre il pensiero, l'intelligenza e la memoria, tutte fatte su misura per ciascun utente. È stupefacente che una simile macchina biologica superi ancora largamente, per capacità di calcolo ed efficienza, tutte le macchine del mondo. È fantastico farci un giro.

1.1 SPECIFICHE TECNICHE

Peso (in media)	1350	grammi
Peso rispetto al totale del peso corporeo	2	per cento
Volume (in media)	1700	millilitri
Lunghezza (in media)	167	millimetri
Larghezza (in media)	140	millimetri
Altezza (in media)	93	millimetri
Numero medio di		

neuroni	86	miliardi
Diametro dei neuroni	4-100	micron
Potenziale elettrico di riposo dei neuroni	-70	millivolt
Pompe di sodio per neurone	1	milione
Numero di sinapsi	> 150.000	miliardi
Rapporto materia grigia/materia bianca nella corteccia	1:1,3	
Rapporto neuroni/cellule gliali	1:1	

Numero di neuroni nella corteccia cerebrale (donne)	19,3	miliardi
Numero di neuroni nella corteccia cerebrale (uomini)	22,8	miliardi
Perdita di neuroni della corteccia	85.000	al giorno
Lunghezza totale delle fibre mielinate	150.000	chilometri
Superficie totale della corteccia cerebrale	2500	centimetri quadrati
Numero di neuroni della		

corteccia cerebrale	10	miliardi
Numero di sinapsi nella corteccia cerebrale	60.000	miliardi
Strati della corteccia cerebrale	6	
Spessore della corteccia cerebrale	1,5-4,5	millimetri
Volume del liquido cerebrospinale	120-160	millilitri
pH del liquido cerebrospinale	7,33	
Numero di nervi	12	

cranici		
Flusso sanguigno	750	millilitri/sec.
Consumo di ossigeno	3,3	millilitri/min.
Consumo energetico	> 12,6	watt/ora
Velocità massima degli impulsi elettrici	720	chilometri/ora
Temperatura operativa	36-38	gradi Celsius

1.2 VERSIONE DI SISTEMA

Questo cervello è la versione 4.3.7 (G-3125)* di un sistema nervoso accuratamente evoluto in centinaia di milioni di anni di perfezionamenti genetici, per fornirle un'esperienza completa di vita umana su questo pianeta.

Per la guida agli upgrade (attualmente non disponibili), consulti la sezione Versioni future [▶versioni future, 225]

* La versione numero 4.3.7 (G-3125) è così composta:

4 = invertebrati/vertebrati/mammiferi/primati

3 = ominidi/australopitechi/*Homo*

7 = *Homo habilis*/*Homo ergaster*/*Homo erectus*/*Homo* *antecessor*/*Homo*

heidelbergensis/*Homo* *sapiens*/*Homo sapiens sapiens*

G-3125 = numero di generazioni (stima) dall'avvento del cervello di uomo moderno (*Homo sapiens sapiens*) al suo cervello.



2.0 COMPONENTI

Anatomicamente, il suo cervello appare come una cosa sola, ma non lo è. Viene spesso idealizzato come un network di neuroni, ma è una semplificazione eccessiva. Potremmo dire, semmai, che è un network di network di network.

Già ogni singola cellula cerebrale [►20] potrebbe essere vista come una microscopica rete fondamentale, governata dalle istruzioni genetiche che essa stessa contiene e operata da milioni fra canali ionici, pompe di sodio-potassio e altri marchingegni chimici che ne regolano il **potenziale**

di membrana, ovvero la differenza di voltaggio fra l'interno e l'esterno. Ma la realtà è che, da sola, quella singola unità di calcolo non servirebbe a niente. Il neurone esprime tutta la sua forza in congiunzione con altri neuroni.

Non a caso le informazioni non si trovano nelle cellule cerebrali, quanto nelle connessioni fra di loro, le **sinapsi**. [▶27]

Tipicamente un neurone può avere migliaia di collegamenti con altrettanti neuroni postsinaptici a valle. I neuroni adiacenti si organizzano in **nuclei**, le unità funzionali – ad esempio nel solo ipotalamo, [▶53] che è grande quanto

una mandorla, ce ne sono più di quindici, ognuno coi propri compiti – o si collegano a catena per formare i **circuiti cerebrali** che controllano particolari funzioni del suo cervello, come il sonno o l'attenzione. E così come molti neuroni formano un circuito, molti circuiti uniscono le forze per produrre risultati disparati come il linguaggio o l'empatia. È questo monumentale network di network, a generare la coscienza e l'intelligenza. [▶76]

Il sistema non sarebbe altrettanto efficiente se non fosse per un altro network parallelo, con il quale è intimamente avviluppato: quello delle

cellule gliali [▶36] che provvede a nutrire, ossigenare e ripulire i neuroni e che, soprattutto, regola la straordinaria velocità degli **assoni** – le autostrade neuronali di lungo scorrimento [▶25] – ricoprendoli di un grasso biancastro chiamato **mielina**, che in poche parole amplifica il segnale. [▶39] La **corteccia cerebrale**, che al contrario dei nuclei è organizzata su sei strati gerarchici, deve la propria efficienza alla grande velocità dei segnali su grandi distanze. Pensi soltanto che la lunghezza totale delle fibre mielinate del suo cervello (a cominciare dall'abbondante materia bianca che congiunge i due emisferi, il **corpo calloso**) è stimata in circa 150mila chilometri. Quasi quattro volte

la circonferenza della Terra all'Equatore.

Si potrebbe aggiungere che in questa rete di mostruosa complessità, giocano in squadra l'**emisfero destro** e l'**emisfero sinistro** (che regolano le opposte parti del corpo), giocano in squadra i quattro lobi e le diverse aree funzionali della corteccia (che orchestrano il pensiero e le funzioni esecutive) e poi ancora tutte le altre componenti della macchina cerebrale, ciascuna contraddistinta dalla quantità e dalla qualità dei neuroni che ospita, tutti al loro posto, con la loro gerarchia e la loro missione. In altre parole, il network cerebrale è fatto di molteplici sotto-network.

La Grande piramide di Giza, la Gioconda, il Requiem di Mozart, le scoperte della Gravità o dell'Evoluzione naturale sono solo alcuni esempi di quali meraviglie possano produrre i neuroni, quando si organizzano nel super-network della mente umana.

2.1 NEURONE

Secondo alcune stime, un essere umano maschio di peso medio è composto da circa 37mila miliardi di cellule. Così, che lei sia un'esile signora o un robusto giovanotto, per costruire un esemplare umano come lei, c'è bisogno di un numero esorbitante di mattoni biologici. Tuttavia, fra quel marasma di cellule delle ossa e del sangue, del fegato e della pelle, c'è un gruppo che esce fuori dal coro: quello dei neuroni.

I mattoni del cervello hanno proprietà sbalorditive. Per cominciare, sono elettricamente eccitabili e, in un intricato network fatto di centinaia di migliaia di miliardi di connessioni, si

trasmettono impulsi elettrici e chimici a centinaia di chilometri all'ora e nell'arco temporale di pochi millisecondi.

Si stima che nel suo encefalo ce ne siano 86 miliardi*, che la stanno accompagnando dalla nascita alla morte: al contrario di tutte le altre cellule, la stragrande maggioranza dei neuroni sopravvive per l'intera durata della sua esistenza. [▶205] È la trasmissione di informazioni elettrochimiche attraverso un intricato network di cellule cerebrali a permetterle, in questo esatto istante, di leggere e di capire. È questo network, a consentirle la creazione di memorie, idee, sentimenti. E molto altro ancora.

Il corpo centrale del neurone,

chiamato **soma**, ha dimensioni infinitesimali (il più piccolo è largo 4 micron, 4 milionesimi di metro) eppure in alcuni casi la cellula può estendersi per molti centimetri, quindi decine di migliaia di volte più lontano. Questi prolungamenti a lunga distanza sono chiamati **assoni**: ogni neurone possiede soltanto un assone che, un po' come se fosse un cavo trasmittente, trasporta l'informazione fuori dalla cellula, verso altri neuroni. Sul lato esattamente opposto, ci sono altri prolungamenti a più breve distanza, i **dendriti**: un neurone ha molteplici dendriti dalla forma estremamente ramificata che, come se fossero cavi riceventi, intercettano le informazioni e le

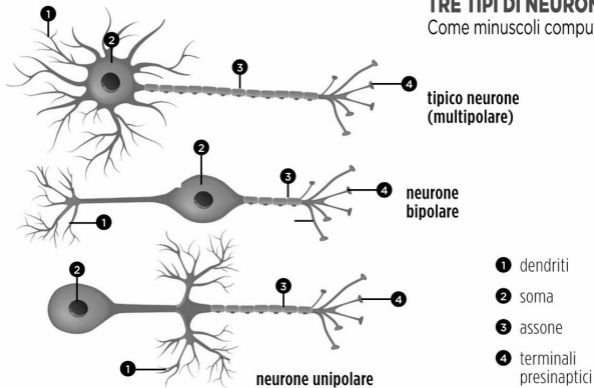
trasportano dentro alla cellula.

I neuroni possono assumere molte forme diverse – se ne contano oltre duecento tipi – ma le divergenze più significative stanno nelle funzioni che svolgono all'interno del network cerebrale. I **neuroni sensitivi** (chiamati anche afferenti, che “portano dentro”) ricevono i segnali in entrata dagli organi come gli occhi e dai tessuti come la pelle, verso il sistema nervoso centrale. I **neuroni motòri** invece (o efferenti, che “portano fuori”) trasportano segnali di tipo motorio dal sistema nervoso centrale agli organi periferici, fino alle dita dei piedi, attraverso la spina dorsale. E gli **interneuroni** – ovvero tutti gli altri – producono la meraviglia

dell'intelligenza attraverso una rete di collegamenti monumentalmente intricata.

TRE TIPI DI NEURONE

Come minuscoli computer



Nel cervello di *Homo sapiens* il numero di queste sinapsi è enorme. La sinapsi è composta dal terminale trasmittente, dal terminale ricevente, nonché dall'infinitesimo spazio fra i due, chiamato vallo sinaptico.

Il linguaggio dei neuroni è generato da una serie di molecole diverse, i

neurotrasmettitori, [▶29] che si mettono in moto su ordine della cellula. L'ordine arriva dai **potenziali d'azione**, variazioni di pochi millisecondi nella tensione elettrica che attraversa la cellula, i quali innescano il rilascio dei neurotrasmettitori (come dopamina, serotonina o noradrenalina) verso la cellula ricevente. Quando un neurone emette un potenziale d'azione “fa fuoco” e invia un messaggio ai neuroni riceventi incitandoli a fare fuoco a loro volta, oppure inibendoli al silenzio.

A questo sistema informativo, già sufficientemente complesso, si aggiungono le oscillazioni neuronali, meglio conosciute come **onde cerebrali**. Si tratta di un ritmo regolare a diverse

frequenze (misurate in hertz, cicli al secondo) che interessa differenti aree del cervello a seconda del grado di veglia – dal sonno profondo all'eccitazione – scoperto negli anni venti del Novecento grazie alle prime macchine per l'encefalografia.

ONDE	HERTZ	ASSOCIATE CON	ESEM
Delta	1-4	sonno profondo (non-REM)	stato incoscio corp immobile
Theta	4-7	sonno REM, meditazione	dormir sognar fare ur viaggi

Alpha	7-12	tranquillità, rilassamento	pensare perché l'ora di un b viagg
Beta	12-30	concentrazione, sforzo intellettuale	program due settima aere alberg noleg
Gamma	30-100	elevata attenzione, ansia	scoprire il cor corrente ross

Il network neuronale dispone di un sistema parallelo di comunicazione, la

sinapsi elettrica. Rispetto a quella chimica è molto più veloce, è digitale (il segnale è solo *on/off*), è priva di assoni a lunga distanza e coinvolge solo neuroni adiacenti, spesso con giunzioni soma-soma. Interessa solo i **nuclei** o gruppi di neuroni organizzati in **sentieri neuronali** specializzati, come fossero tante orchestre che suonano una partitura diversa. Lungo questi sentieri, i neuroni sono collegati dalle sinapsi chimiche, ma anche da quelle elettriche che coordinano le attività dell'orchestra, composta da milioni di neuroni musicisti. L'impulso elettrico, continuo e sincronizzato, fra queste cellule è giustappunto l'onda cerebrale.

È ormai chiaro che le onde cerebrali,

inizialmente studiate per il loro stretto rapporto con i meccanismi del sonno, [▶90] rivestono un ruolo-chiave nella neurotrasmissione e nelle funzioni cognitive e comportamentali. Come minimo, perché sincronizzano e danno il tempo a ciascuna orchestra neuronale. Ma forse fanno anche di più. Il ritmo delle onde cerebrali potrebbe essere anche collegato al mistero della coscienza, [▶127] ma non ci sono prove conclusive.

2.1.1 Dendriti

È la foresta più densa e intricata che lei abbia mai incontrato. Miliardi di alberi

con centinaia di miliardi di rami e migliaia di miliardi di foglie, tutti connessi gli uni agli altri in modo da poter comunicare da un angolo all'altro del bosco. È una foresta incantata. Un po' per la sua straordinaria bellezza, un po' per i magici risultati che produce.

I dendriti del neurone, i terminali riceventi della cellula nervosa, ricordano talmente gli alberi che da loro prendono il nome (in greco *dendron* vuol dire "albero"). Si estendono in un'esplosione di rami e fronde che, a seconda del tipo di neurone, possono assomigliare a un pino o a una quercia, a un baobab o a una sequoia.

Poi ci sono le foglie, che nel caso dei dendriti vengono curiosamente chiamate

spine.* Proprio come le foglie dell'albero sono i terminali riceventi della luce solare che accende la fotosintesi, i dendriti e le loro spine sono i terminali riceventi delle informazioni che arrivano dai terminali trasmettenti di altri neuroni (non tutti i tipi di neuroni hanno dendriti con le spine).

E come in ogni foresta, le ramificazioni degli alberi e delle foglie neuronali non stanno mai ferme. Solo negli ultimi dieci anni è stato verificato il ruolo-chiave dei dendriti e delle loro spine nella plasticità cerebrale, ovvero la capacità del cervello di riadattare continuamente le connessioni neuronali in virtù degli input che riceve. [▶73]

L'apprendimento e la memoria sono determinati dalla forza o dalla debolezza dei contatti sinaptici, nonché dalla crescita e dall'adattamento di nuove spine e nuovi dendriti. [►159, 69]

La plasticità del cervello non è una proprietà astratta: è il cervello che cambia fisicamente, con la crescita di nuovi rami e nuove foglie, e con la perdita di quelle secche. Succede in tutte le foreste del mondo, vegetali o cerebrali che siano.

2.1.2 Soma

Il centro direzionale del neurone, chiamato soma, è il corpo centrale della

cellula, dal quale si diramano i dendriti e l'assone. Genera l'energia necessaria, fabbrica le parti e le assembla. Esternamente, è una membrana fatta di grassi e di catene di amminoacidi che protegge il neurone dall'ambiente esterno. All'interno, c'è una batteria di meccanismi specializzati, a cominciare dal nucleo, che funziona sia da archivio che da fabbrica: conserva il DNA, che contiene tutte le informazioni per costruire le proteine necessarie alla sopravvivenza, e fabbrica l'RNA, dal quale sintetizzarle.

I mitocondri, come in ogni altra cellula del corpo, usano ossigeno e glucosio per generare il combustibile necessario, chiamato ATP (adenosina

trifosfato), ma in quantità pantagrueliche: nessuna cellula ha così tanto appetito quanto un neurone. [▶86]

2.1.3 **Assone**

Se i dendriti riceventi di un neurone sono tanti, l'assone è uno solo. Ogni cellula cerebrale possiede soltanto un'autostrada, per trasmettere il segnale verso le sue simili.

Se i dendriti abitano nei dintorni del soma cellulare, nel raggio di pochi micron, l'assone si può estendere anche per decine di centimetri che, a quelle dimensioni, è una distanza spaventosa.

Se i dendriti tendono ad appuntirsi,

come fanno i rami degli alberi, l'assone mantiene costante il proprio diametro, fin quando non si divide in tante piccole diramazioni trasmettenti, in collegamento sinaptico con numerosi altri neuroni, chiamate **terminali assonici**.

Ma fra i terminali riceventi e trasmettenti del neurone c'è un'altra significativa differenza: se il segnale chimico che arriva ai dendriti può essere intenso o debole, o in tutte le gradazioni intermedie, il segnale elettrico che attraversa l'assone c'è o non c'è, è acceso o spento. Da questo punto di vista, si potrebbe dire che i dendriti siano congegni analogici, mentre l'assone è fondamentalmente digitale.

La missione dell'assone non è soltanto quella di inviare l'informazione a grande distanza, ma anche di inviarla a grande velocità: in casi estremi può arrivare a 720 chilometri all'ora, 200 metri al secondo. La velocità dipende dal diametro dell'assone e, soprattutto, dallo spessore della guaina di **mielina** che lo isola da interferenze esterne. C'è un rapporto diretto fra la quantità di mielina disponibile e l'uso intensivo dell'assone. [►159] Al contrario delle autostrade statali, che si usurano al passare di molte automobili, le autostrade neuronali si consolidano al passare di molti impulsi elettrici.

Tutto comincia nel **cono assonico**, il punto in cui il soma della cellula si

restringe per formare l'assone. È un po' il centro di calcolo dell'intero processo, dove vengono fatte le somme e le sottrazioni: se il risultato supera una certa soglia elettrica, [▶29] induce il neurone a fare fuoco, sparando un potenziale d'azione. È un evento durante il quale il potenziale elettrico della membrana cellulare s'impenna per la durata di pochi millisecondi, magari con una mitragliata di decine o centinaia di eventi al secondo.

La guaina mielinica presenta delle piccolissime, regolari interruzioni (chiamate **nodi di Ranvier**) dove l'assone è esposto. In quei nodi, un sistema di canali fa entrare e uscire nella cellula ioni di sodio che

amplificano il potenziale d'azione, il quale, in questo modo, salta letteralmente da una guaina mielinica all'altra, a una velocità che senza mielina non sarebbe possibile.

Di fatto, la mielina è fortemente implicata nell'intelligenza umana. [►159] E le numerose patologie che inducono la perdita di mielina, come la sclerosi multipla, danneggiano la trasmissione del potenziale d'azione e quindi il corretto funzionamento della macchina cerebrale.

A dare il colore alla cosiddetta **materia grigia** della corteccia [►58] ci pensa la forte concentrazione di corpi neuronali. Il colore della **materia bianca**, invece, è dovuto alla mielina.

Gli assoni, che costituiscono la materia bianca del corpo calloso, [▶56] ovvero l'area di congiunzione fra i due emisferi cerebrali, occupano più spazio di tutti i soma, i dendriti e le spine messi insieme.

2.1.4 Sinapsi

Dopo i dendriti, il soma e l'assone, si arriva finalmente al termine del neurone: la sinapsi. È il punto di congiunzione fra i terminali assonici di un **neurone (presinaptico)** e i rami, le foglie o il corpo di un altro **neurone (postsinaptico)**. Ma il bello è che non c'è un vero contatto fra i due. Difatti, la

terza componente della sinapsi è lo spazio infinitesimale (fra i 20 e i 40 miliardesimi di metro) che sta loro nel mezzo, il **vallo sinaptico**. È lì, che si accende la meraviglia incantata della foresta neuronale: il punto esatto in cui le cellule dell'intelligenza si parlano, usando il vocabolario della chimica.

Il terminale dell'assone conserva i neurotrasmettitori in piccole sfere chiamate **vescicole**. Su comando del potenziale d'azione, le vescicole rilasciano i neurotrasmettitori, che attraversano lo spazio sinaptico e vengono a contatto con i recettori del secondo neurone, contribuendo così a innescare un segnale, eccitatorio o inibitorio che sia. È solo un anello della

meravigliosa catena di segnali che attraversa il suo encefalo milioni di volte al secondo, per consentirle di ripensare al passato, di progettare il futuro e di muovere le gambe nel presente.

Se stimare il numero medio di neuroni esistenti in un cervello umano è stato in qualche modo possibile, [▶20] calcolare il numero delle sinapsi appare un'impresa insormontabile. Non soltanto perché sono ben più piccole di un neurone, o perché si intrecciano in modo inestricabile in quella foresta, ma anche perché il loro numero diminuisce nell'arco di una vita.

neurone
presinaptico

spazio sinaptico

neurone
postsinaptico

LA SINAPSI

E il potenziale d'azione

- 1 potenziale d'azione
- 2 canali ionici
- 3 vescicole
- 4 recettori

- ioni di calcio
- ioni di sodio
- neurotrasmettitori

Un neurone può essere collegato a decine di migliaia di altri neuroni, anche in zone remote del cervello. Il neurone piramidale, la cellula più diffusa della corteccia cerebrale, la parte più distintiva del cervello *sapiens*, ha fra le 5000 e le 50mila connessioni riceventi, o postsinaptiche. La cellula Purkinje, un altro tipo di neurone, può averne anche 100mila. Secondo alcune stime, in un giovane cervello adulto il totale si

aggira intorno alle 150mila miliardi di sinapsi.

Tuttavia, il punto centrale non sta qui, quanto nella forza esplosiva della rete, nella matematica esponenziale del network.

Prendiamo un ipotetico neurone standard, che parla sinapticamente con “soltanto” 1000 altri neuroni. Ciascuno di questi è potenzialmente collegato ad altri 1000, cosicché al secondo passaggio – nel giro di pochi millisecondi – l’informazione arriva a un milione di cellule (1000×1000). Al terzo, se per assurdo fossero tutte collegate ad altre 1000, il totale farebbe un miliardo ($1000 \times 1000 \times 1000$). Questo calcolo non ha senso perché fra i

diversi tipi di cellule, fra i diversi nuclei e sentieri neuronali, è tutto ben più complesso. Però dà un'idea di quanto sia potente l'intero meccanismo. Si dice che János Szentágothai, leggendario anatomista ungherese, avesse calcolato che fra ogni neurone ci sono solo «sei gradi di separazione», proprio come descritto nell'omonimo film sugli stretti legami della razza umana. Ma sei gradi sono il caso-limite. Di solito la separazione fra neuroni è ancora inferiore e quelli si parlano da un lato all'altro del cervello a una velocità sconosciuta. Una cellula può fare fuoco ogni qualche secondo, ma può anche farlo 200 volte al secondo.

Anche le sinapsi sono oggetto di

plasticità cerebrale. Un tempo ritenuti fissi e stabili, oggi sappiamo che i collegamenti sinaptici possono essere più o meno forti, ovvero più o meno capaci di influenzare il comportamento dei neuroni riceventi. Tutto dipende da quanto una sinapsi viene usata: più volte viene acceso, più potente e stabile sarà il collegamento fra due cellule cerebrali.

[▶13] Questo fenomeno, chiamato **potenziamento a lungo termine** o LTP (*long-term potentiation*), ha importanti implicazioni pratiche nei sistemi dell'apprendimento [▶159] e della memoria. [▶69] E, sul versante opposto, anche nei processi di assuefazione e dipendenza. [▶189]

2.2 NEUROTRASMETTITIC

Il cervello parla la lingua dei neurotrasmettitori. In qualunque istante, sia che lei stia leggendo un libro o rimirando un panorama, una tempesta chimica attraversa costantemente il suo encefalo. Senza posa, milioni di microscopiche molecole abbandonano i vescicoli di un neurone, attraversano lo spazio sinaptico e si legano ai recettori di un altro neurone, ognuna trasportando il proprio messaggio chimico. Il cervello usa i neurotrasmettitori per dire al cuore di battere, ai polmoni di respirare, allo stomaco di digerire. Ma quelle molecole servono anche a impartire l'ordine di dormire o di

prestare attenzione, di imparare o dimenticare, di eccitarsi o rilassarsi. Beh sì, tutto quanto – incluse le sfumature più razionali e più inconsce del comportamento umano – viene mediato da un esercito di neurotrasmettitori e dal complicato modo in cui interagiscono. Ne sono stati contati più di cento, ma non è escluso che ce ne siano altri da scoprire.

I messaggi sinaptici possono essere in misura variabile eccitatori o inibitori, a seconda di quali neurotrasmettitori partono da un neurone, e a seconda dei recettori che li catturano nel neurone adiacente. Ma quel neurone può essere collegato a numerose altre migliaia di neuroni attraverso altrettante sinapsi, e

quindi ricevere il contemporaneo impulso da centinaia o migliaia di queste. I messaggi eccitatori e inibitori vengono “sommati” dentro la cellula che, grazie a un sofisticato sistema di pompe che regola l’accesso o il deflusso di ioni di sodio e di potassio, mantiene la sua membrana a uno stabile potenziale elettrico “di riposo” di -70 millivolts. I neurotrasmettitori eccitatori contribuiscono a rendere positivo il voltaggio della membrana circostante, mentre quelli inibitori spingono sul fronte negativo. Se il risultato netto supera un certo voltaggio (solitamente -30 millivolts), la cellula nervosa fa fuoco e innesca il potenziale d’azione, l’impulso elettrico che corre lungo

l'assone per ordinare il rilascio di un'altra mitragliata di neurotrasmettitori. Se invece non lo supera, tutto si ferma lì.

Ma la matematica della neurotrasmissione va ben al di là delle computazioni sul voltaggio, perché le molecole messaggere esercitano il rispettivo mestiere in combinazione o in opposizione l'una alle altre. Il ventaglio di possibilità è così vasto da includere il ragionamento, il ricordo o l'emozione. Il ricercatore svedese Hugo Lövhelm ha proposto una classificazione degli effetti incrociati di serotonina, dopamina e noradrenalina. Secondo il suo modello, la disponibilità di alti o bassi livelli di queste tre molecole determina delle emozioni di base. La rabbia, a titolo

d'esempio, comporta alti livelli di dopamina e noradrenalina, e bassi livelli di serotonina.

	Serotonina	Dopamina	Nora
Vergogna	▽	▽	
Sofferenza	▽	▽	
Paura	▽	▲	
Rabbia	▽	▲	
Disgusto, odio	▽	▲	
Sorpresa	▲	▽	
Benessere, piacere	▲	▲	
Interesse, eccitazione	▲	▲	

▲ = alta

▽ = bassa

Ovviamente, la realtà è assai più complessa, non foss'altro per la mutua interazione di una tavolozza di tante altre molecole messaggere. E per un dettaglio tutt'altro che trascurabile: non è detto che le cartucce siano sempre pronte nel caricatore dei mitragliatori sinaptici, i vescicoli.

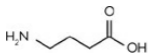
La disponibilità di neurotrasmettitori non è infinita. Dopo che si sono legati al recettore postsinaptico, vengono prontamente disattivati e poi riciclati: o riportati nei vescicoli, di fatto ricaricandoli (quel che si chiama **ricaptazione**, o *reuptake* in inglese) o rimossi, se non addirittura distrutti. Fatto sta che il suo cervello potrebbe essere

vittima di uno scarso rifornimento di alcune molecole. Una cattiva nutrizione, [▶87] un forte stress, [▶192] farmaci, droghe, alcool, ma anche predisposizioni genetiche, [▶197] influiscono sulle riserve di neurotrasmettitori, compromettendo così il funzionamento ottimale della macchina cerebrale.

Alcuni neurotrasmettitori, come dopamina, serotonina, acetilcolina e noradrenalina, funzionano anche come **neuromodulatori**. Se paragoniamo la neurotrasmissione a un laser che colpisce con precisione i neuroni postsinaptici, la neuromodulazione è come uno spray. Basta che pochi neuroni secernano i neuromodulatori per

coinvolgerne molti altri su aree più vaste, giustappunto modulandone l'attività. Infine, **ormoni** come testosterone e cortisolo possono influenzare la neurotrasmissione, partecipando alla già brulicante attività sinaptica.

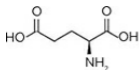
GABA



Il suo mestiere è inibire. L'acido gamma-amminobutirrico, meglio noto come GABA, è il principale fattore inibitorio delle sinapsi. A dosi elevate, rilassa e favorisce la concentrazione. A dosi modeste, induce ansietà. Non a

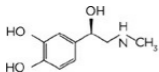
caso, i farmaci che aumentano la disponibilità di GABA hanno azioni rilassanti, anticonvulsive e antiansio gene.

Glutammato



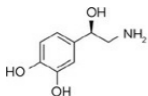
Il neurotrasmettitore eccitatorio per definizione, nonché il più diffuso, in alte quantità è fortemente tossico per i neuroni. È fondamentale nei processi cognitivi, come memoria e apprendimento, ma contribuisce anche a regolare lo sviluppo cerebrale.

Adrenalina



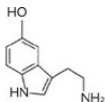
Conosciuta anche come epinefrina, è il neuroormone del “combatti o scappa”, che viene prodotto in caso di stress. Associato in primo luogo alla paura e allo stato di allerta, fa aumentare il flusso sanguigno ai muscoli e il flusso di ossigeno ai polmoni, giustappunto per dare una mano nel combattimento o nella fuga. È al tempo stesso un ormone prodotto dalle ghiandole surrenali e un neurotrasmettitore.

Noradrenalina



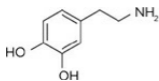
Anche conosciuta come norepinefrina, è un neurotrasmettitore eccitatorio. Regola l'attenzione e la risposta del “combatti o scappa”, facendo aumentare il battito cardiaco e quindi il flusso sanguigno ai muscoli. Ad alti livelli provoca ansietà, mentre dosi basse di noradrenalina sono associate a scarsa capacità di concentrazione e disturbi del sonno.

Serotonina



Contribuisce alle sensazioni di benessere, bilanciando – in qualità di neurotrasmettitore inibitorio – un'eventuale, eccessiva attività eccitatoria dei neuroni. Regola il dolore, la digestione e, insieme alla melatonina, i meccanismi del sonno. Bassi livelli di serotonina sono associati a depressione e ansietà, al punto che numerosi antidepressivi operano incrementando la sua disponibilità. [►197] Per via naturale, la serotonina è prodotta anche con l'esercizio fisico e con l'esposizione alla luce solare.

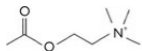
Dopamina



È la superstar dei neurotrasmettitori. Se gode di buona stampa, è forse perché è la molecola connessa al sistema della ricompensa e alla percezione del piacere. [▶140] Eccitatoria ma con potenzialità inibitorie, è coinvolta nei meccanismi di assuefazione e dipendenza, [▶189] eppure sarebbe sbagliato ridurla alla “molecola del piacere”. Alla luce di recenti scoperte, potremmo dire che è il neurotrasmettitore del volere. È indispensabile anche in funzioni strategiche, come la capacità di attenzione e il controllo dei movimenti. La distribuzione di neuroni dotati di

recettori della dopamina e dei relativi circuiti cerebrali ha portato all'identificazione di un **sistema dopaminergico** con otto "sentieri" che distribuiscono la molecola, anche con effetti neuromodulatori. I tre più importanti – il sentiero mesolimbico, mesocorticale e nigrostriatale – originano tutti dal mesencefalo [►47] e conducono ai piani alti del cervello.

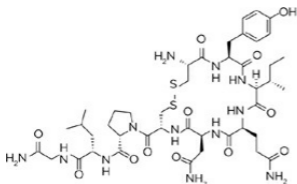
Acetilcolina



È il neurotrasmettitore più abbondante nel corpo umano. Nel sistema nervoso periferico serve a stimolare il

movimento muscolare, ma nel sistema nervoso centrale contribuisce all'eccitazione e alla ricompensa, oltre a svolgere una funzione importante nell'apprendimento [▶159] e nella plasticità neuronale. Essendo anche un neuromodulatore, la acetilcolina è presente nel liquido cerebrospinale [▶40] e produce quindi effetti su disparate aree neuronali.

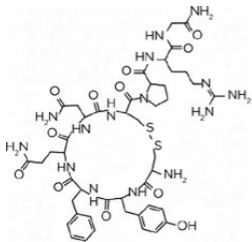
Ossitocina



Per aumentare la disponibilità di ossitocina nel proprio cervello basta baciarsi, abbracciarsi o fare sesso. In alternativa si può allattare, e un flusso di questo ormone che fa da neurotrasmettitore irrorerà tanto il cervello della mamma che quello del bambino. In altre parole, per produrre naturalmente ossitocina, bisogna essere in due. Chiamata la molecola dell'attaccamento, perché produce una sensazione di benessere che incoraggia la costruzione di legami sentimentali o filiali, si ritiene che abbia un ruolo su un ventaglio di funzioni fisiologiche: dall'erezione alla gravidanza, dalla contrazione uterina alla produzione del latte, dai legami sociali allo stress. La

presenza o la mancanza di ossitocina hanno un effetto sulla disponibilità verso gli altri e sulla stabilità psicologica. L'ossitocina sintetica, disponibile in commercio in alcuni paesi sotto forma di gas da inalare, viene usata come sostanza ricreativa.

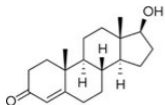
Vasopressina



Ormone, neurotrasmettitore e neuromodulatore, la vasopressina è

composta da nove amminoacidi. Oltre a svolgere mestieri più prosaici, tipo fare da antidiuretico e da vasocostrittore, nel cervello umano questa molecola ha una funzione strategica: la prosecuzione della specie. La vasopressina interviene nei meccanismi del comportamento sociale, nella spinta sessuale e nell'attaccamento di coppia. È celebre il caso del *Microtus ochrogaster*, un criceto marcatamente monogamo (una rarità, fra i mammiferi) che vive nel Midwest americano: se deprivato della vasopressina, finisce col divorziare pure lui.

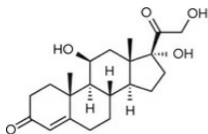
**Testosterone, estradiolo,
progesterone**



Come il sistema nervoso centrale usa i neurotrasmettitori per inviare i propri messaggi, il sistema endocrino usa gli ormoni. I cosiddetti ormoni sessuali, come il testosterone (maschile) – nell'immagine sopra –, l'estradiolo e il progesterone (femminili) hanno un ruolo decisivo tanto sullo sviluppo embrionale del cervello, che sulle piccole ma sensibili differenze dell'encefalo adulto nei due modelli disponibili. [▶175]

Uomini e donne producono sia testosterone che progesterone, ma in proporzioni radicalmente diverse.

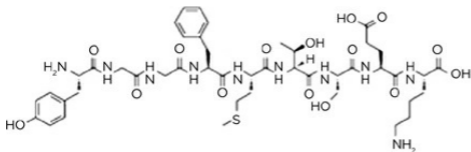
Cortisolo



Anche il cortisolo non è un neurotrasmettitore in senso stretto, ma è pur sempre una molecola capace di influenzare sensibilmente la macchina cerebrale. Prodotto dalle ghiandole surrenali (su ordine dell'ipotalamo [▶53]) come parte del complesso meccanismo di risposta al pericolo prolungato, [▶117] il cortisolo è anche chiamato “ormone dello stress”. [▶192] Se i livelli di cortisolo restano alti per un lungo periodo, si registrano danni agli ippocampi [▶52] e un più rapido

tasso di invecchiamento cerebrale. Il cortisolo interferisce con il processo dell'apprendimento. [►159]

Endorfine



Se ne parla al plurale perché le endorfine sono un'intera categoria di oppiacei (“morfine endogene”, ovvero prodotte all'interno del corpo) che inibiscono i segnali del dolore, alleviandolo, e possono offrire un senso di benessere, se non di euforia. Vengono rilasciate durante l'esercizio fisico [►94]

e l'attività sessuale, ma anche in caso di dolore. Alcuni cibi, come il cioccolato, stimolano il rilascio di endorfine.

2.3 CELLULE GLIALI

Possiamo garantirle che il suo cervello non è riempito con la colla. Però è più o meno quel che gli scienziati hanno creduto per quasi un secolo.

I neuroni, le cellule dell'intelligenza, rappresentano solo una parte della massa cerebrale. Il resto è composto da un'altra categoria di cellule, chiamate *glia* o *neuroglia* (dal greco γλοία, "colla"). Descritte per la prima volta alla fine dell'Ottocento, sono state ritenute a lungo una sorta di impalcatura a sostegno dei neuroni-superstar. Ma la prospettiva è cambiata radicalmente dagli anni ottanta in poi, anche grazie ad Albert Einstein.

Il più grande fisico di tutti i tempi non si occupava di neuroscienze. Eppure, ha dato un involontario contributo *post mortem*. Nel 1955, mentre esegue l'autopsia sul cadavere di Einstein, un dottore dell'ospedale di Princeton, tal Thomas Stoltz Harvey, pensa bene di trafugare il cervello del genio. Lo strano furto – giustificato in nome della ricerca scientifica – gli costerà un sacco di problemi.

Tuttavia, l'encefalo di Einstein non sembra avere alcunché di speciale. Solo trent'anni dopo, la professoressa Marian Diamond dell'Università di Berkeley riesce a scovare un tratto peculiare in uno dei quattro campioni diversi: nell'area del lobo parietale dove vanno

in onda il ragionamento matematico, la cognizione spaziale e l'attenzione, le neuroglia di Einstein erano molto più numerose del normale. La scoperta, come spesso accade, verrà contestata e in parte ritrattata. Ma è bastato quell'indizio a spalancare la porta a un'alluvione di ricerche e scoperte, peraltro appena cominciata.

Oggi sappiamo che le cellule gliali fanno parecchi mestieri diversi. È vero, come si riteneva un tempo, che hanno un impiego da muratrici: circondano i neuroni e li tengono al loro posto. Ma fanno anche da cambusiere: nutrono e ossigenano i neuroni. Fanno le elettriciste, perché costruiscono la guaina mielinica che regola la

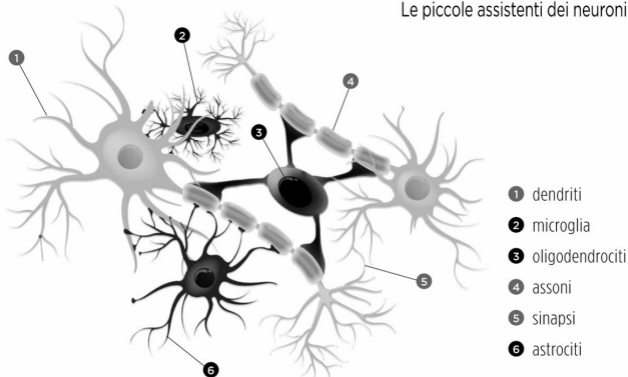
trasmissione del potenziale d'azione lungo gli assoni. E certamente fanno le spazzine, visto che tengono alla larga gli agenti patogeni e fagocitano i neuroni non più attivi.

Una somma straordinaria di professioni diverse, senza le quali il cervello umano non funzionerebbe a dovere. Già durante l'embriogenesi – quando il cervello avvia la fase di auto-assemblaggio dentro alla placenta – le cellule gliali regolano la migrazione dei neuroni e producono le molecole che determinano la ramificazione di dendriti e assoni. Recenti studi attribuiscono alle glia anche la capacità di comunicare fra loro per via chimica. Al contrario dei neuroni, sono capaci di mitosi, ovvero

di dividersi e riprodursi.

TRE TIPI DI GLIA

Le piccole assistenti dei neuroni



Molte fonti sostengono che le cellule gliali sono fra le cinque e le dieci volte più numerose dei neuroni. Ma un recente studio ha sfatato questo mito, sostenendo che il rapporto è più facilmente di 1:1. Secondo questo complesso metodo di calcolo (come sempre contestato da alcuni), nell'intero cervello ci sarebbero

86 miliardi di neuroni e 84,6 miliardi di neuroglia. Ma con significative differenze fra le varie aree dell'encefalo. Le cellule gliali nella corteccia cerebrale, la parte del cervello che più divide gli *Homines sapientes* dalle altre specie, sono quasi quattro volte più numerose dei neuroni. E nella materia bianca della corteccia, dove si trova la maggioranza di assoni mielinati, le neuroglia sono davvero dieci volte più numerose dei neuroni. Anche senza scomodare il povero encefalo di Albert Einstein, è evidente che le glia hanno un ruolo attivo nella generazione dell'intelligenza.

	neuroglia (miliardi)	neuroni (miliardi)	rapp neuroglia
--	-------------------------	-----------------------	-------------------

Corteccia	60,8	16,3	3,
Cervelletto	16,0	69,0	0,
Resto del cervello	7,8	0,8	11
Totale	84,6	86,1	0,

Fatalmente, la loro importanza è ancor più apprezzabile quando le cose non vanno per il verso giusto: possono produrre troppe citochine che danneggiano i neuroni nell'Alzheimer; un loro cattivo funzionamento ha un ruolo nel Parkinson e nella sclerosi multipla; sembra esserci un legame fra la depressione e le loro dimensioni e densità. In generale, si potrebbe dire che la prima funzione delle neuroglia è di

mantenere l'omeostasi, lo stato di equilibrio chimico-fisico di un organismo. In altre parole, di preservare lo *status quo*.

2.3.1 Microglia

Sono piccole, eppure mangiano tanto. Ecco perché le microglia rientrano nella categoria delle cellule macrofaghe. Il cervello è sostanzialmente isolato dal resto del mondo grazie alla barriera emato-encefalica [►40] che impedisce il passaggio agli agenti infettivi di grandi dimensioni. Se però qualcosa di estraneo riesce ad attraversarla, le microglia – distribuite in tutto

l'encefalo, ma anche nel midollo spinale – si lanciano all'attacco, per distruggere gli invasori e attenuare l'infiammazione che hanno provocato.

Più piccole di tutte le altre cellule gliali, si occupano costantemente di tenere sotto controllo l'ambiente circostante e la salute dei neuroni, delle altre cellule gliali e dei vasi sanguigni.

2.3.2 Astrociti

Le stelle in cielo, si sa, sono solo enormi palle rotonde composte da gas. Eppure, in moltissime culture, vengono disegnate con cinque, sei o sette punte, a causa della diffrazione ottica prodotta

dall'atmosfera o – più semplicemente – dell'astigmatismo dell'osservatore. È dalla loro vaga somiglianza con le stelle a punta che prendono nome gli astrociti, le cellule gliali più diffuse.

Nel microcosmo encefalico, dove il numero dei neuroni non è troppo distante da quello delle stelle nella galassia, gli astrociti sono come un universo parallelo. Nonostante fino a 25 anni fa siano stati considerati soltanto un'impalcatura, oggi è impossibile sottostimare la loro importanza.

Le cellule (perlopiù) a forma di stella tengono insieme il cervello, contribuendo alla complessa architettura della massa cerebrale. Poi si occupano di mantenere l'omeostasi.

Immagazzinano e distribuiscono l'energia. Difendono l'encefalo da attacchi molecolari esterni. Riciclano i neurotrasmettitori. Avvolgono le sinapsi, controllando che il sistema di trasmissione funzioni regolarmente. E la lista potrebbe andare avanti.

2.3.3 Oligodendrociti

Tutti gli appassionati di Hi-Fi, come veniva chiamata un tempo la musica riprodotta ad “alta fedeltà”, sanno che i cavi che connettono il giradischi all'amplificatore, e l'amplificatore alle casse acustiche, devono essere ben isolati: per trasmettere fedelmente le

frequenze e per non ricevere interferenze. Sembra che lo sappiano bene anche gli oligodendrociti (dal greco “cellule con pochi rami”) il cui mestiere è proprio quello: isolare gli assoni in modo che il sistema di trasmissione degli impulsi elettrici funzioni bene.

Non è un lavoro da poco. Ogni oligodendrocita può tranquillamente collegarsi a una cinquantina di neuroni diversi, rivestendo gli assoni con una guaina fatta di tanti strati di mielina – un mix di grassi e proteine che ha cambiato il corso dell’Evoluzione – avvolti uno sull’altro. Se lei oggi può apprezzare una velocità di trasmissione degli impulsi elettrici neuronali fino a 200

metri al secondo, è perché la guaina mielinica prodotta dagli oligodendrociti consente agli assoni di avere prestazioni veramente Hi-Fi.

2.4 ALTRE COMPONENTI

Oltre ai neuroni, alle glia e al complicatissimo microcosmo molecolare che li fa funzionare, il suo cervello è fisicamente attrezzato con altri due apparati fondamentali alla propria sopravvivenza. I quali, non a caso, hanno a che fare con il sangue, con l'acqua e i rispettivi sistemi idraulici.

2.4.1 Barriera emato-encefalica

Ben prima che gli esseri umani inventassero i filtri per gli acquari, i

filtri per l'aria condizionata e perfino le sigarette col filtro, l'Evoluzione aveva già dotato il loro cervello di un ingegnoso sistema di filtraggio, chiamato barriera emato-encefalica.

Le cellule endoteliali del sistema nervoso centrale hanno delle giunzioni più strette, che consentono solo a certe molecole di attraversarle e raggiungere il cervello trasportate dal flusso ematico. Hanno libero accesso l'acqua che idrata il cervello, il glucosio che lo nutre, gli amminoacidi che lo riforniscono di materia prima, e poco altro. La strada, invece, è sbarrata a tutte le molecole indesiderate, in particolare a tossine e batteri.

Grazie al filtro che lei ha in

dotazione, le infezioni del cervello sono un evento raro. Il guaio però è che, in caso di infezione, la barriera emato-encefalica non permette il passaggio ai farmaci fatti di grandi molecole e neppure alla stragrande maggioranza di quelli con piccole molecole. La ricerca sta cercando di sviluppare farmaci nanomolecolari (nell'ordine dei miliardesimi di metro) capaci di attraversare il filtro cerebrale.

2.4.2 **Liquido cerebrospinale**

Il cervello galleggia. Un liquido specializzato, trasparente e incolore, in

gran parte composto di acqua, gli fa da cuscino, in modo che non venga schiacciato dal suo stesso peso.

È stato calcolato che l'encefalo, con i suoi circa 1350 grammi, quando galleggia nel liquido cerebrospinale ha una massa corrispondente a 25 grammi. In compenso, questo fluido provvede anche ad altre quattro funzioni, a dir poco vitali.

Protegge, ma solo parzialmente, il cervello in caso di urti (nessun calciatore avrebbe colpito di testa i vecchi palloni di cuoio, se avesse saputo cosa c'è davvero nella scatola cranica). Fa le pulizie di casa, in qualità di principale componente del sistema glinfatico, così chiamato perché

assomiglia a quello linfatico ma è regolato dalle glia [▶36]. In poche parole, il liquido cerebrospinale lava via la spazzatura cerebrale – soprattutto durante il sonno – attraverso l'apertura di canali pilotati dalla contrazione di cellule gliali.

Inoltre, grazie ai suoi meccanismi di regolazione, nonostante il cervello produca ogni giorno circa mezzo litro di liquido cerebrospinale (così chiamato perché si trova anche nella spina dorsale), un costante ricambio fa sì che solo 120-160 millilitri siano contemporaneamente in circolazione fra l'encefalo e la spina. Senza questa funzionalità di serie, la pressione cranica sarebbe insostenibile per la

circolazione sanguigna, che andrebbe in ischemia.

Il liquido – trattenuto dalle **meningi**, le membrane che avvolgono l'encefalo – viene prodotto nel sistema ventricolare, un complesso di quattro cavità cerebrali interconnesse fra loro, e scaricato nel sangue. In virtù di questo circolo di scambio, mantiene anche la stabilità chimica della galleggiante macchina cerebrale.

* Molti libri riportano il numero di 100 miliardi di neuroni, come cifra approssimativa. Secondo uno studio del 2009 (Frederico Azevedo, Suzana Herculano-Houzel e altri, *Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up*

primate brain) sono il 14% in meno.

* Osservate al microscopio elettronico, le spine assomigliano davvero alle foglie, cosa che non succedeva con i microscopi ottici usati dai pionieri della neuroscienza.



3.0 TOPOGRAFIA

Non esattamente 525 milioni di anni fa ma giù di lì, su questo pianeta sono apparsi i primi animali vertebrati. Ovvero le forme di vita che esibiscono una spina dorsale che si estende per tutto il corpo e che, soprattutto, sviluppano un processo di encefalizzazione che concentrerà – nei successivi milioni di anni – le funzioni cerebrali nella regione anteriore, la testa.

Il cervello, che lungo l'interminabile *timeline* della preistoria diventa sempre più grande, complesso ed efficiente, si presenta

diviso in due emisferi quasi simmetrici – collegati al centro dal corpo calloso, un fascio di fibre nervose – ma il cui funzionamento, in realtà, è asimmetrico: le aree cerebrali deputate al linguaggio, ad esempio, si trovano quasi sempre nell'emisfero sinistro di chi scrive con la mano destra (95%), ma un po' più raramente (70%) nell'emisfero sinistro di chi scrive con la mano sinistra.

La topografia cerebrale ha molto a che fare con l'Evolutione. L'encefalo umano ha ereditato, nel corso di questa storia infinita e meravigliosa, la struttura dei cervelli che lo hanno preceduto.

La teoria del *triune brain* (il cervello trino), avanzata dal neuroscienziato americano Paul MacLean negli anni sessanta, presenta aspetti ormai obsoleti, ma ha il vantaggio di rendere facilmente comprensibili le origini ancestrali della macchina più complicata del mondo. Del resto, è dimostrato che l'Evoluzione ha trovato preferibile aggiungere estensioni e miglioramenti alla struttura cerebrale, piuttosto che riscrivere tutto daccapo. Anche se ci ha messo centinaia di milioni di anni.

Bene, nella cantina del suo cervello c'è **la parte di origine rettile**, la più antica e piccola delle tre, che controlla

le funzioni vitali: dal respiro al battito cardiaco, dalla temperatura corporea a quel che solitamente chiamiamo istinto, inclusi comportamenti ancestrali legati alla territorialità. Sono le operazioni di base di un cervello, attive senza bisogno del pensiero o della volontà.

Al piano superiore, c'è il cervello che si è sviluppato soprattutto con l'avvento dei mammiferi, chiamato **sistema limbico**. Ha un ruolo-chiave nelle emozioni, nella motivazione, nel comportamento e nella memoria a lungo termine, sovente in maniera inconscia. Sono le strutture cerebrali che hanno favorito la socialità tipicamente mammifera, così come la reciprocità o la capacità di provare affetto.

Nell'attico, infine, c'è la **corteccia cerebrale**: sei strati di materia grigia che avvolgono l'encefalo e che – particolarmente sviluppati nei primati, negli ominidi e drammaticamente nell'uomo – gestiscono la coscienza, il pensiero, il linguaggio e tutte quelle cose che contraddistinguono un essere umano, come la predizione e la programmazione di eventi futuri. [►65]

Ovviamente, tutte e tre le regioni del cervello hanno continuato a evolversi per milioni di anni, lungo i rami genealogici del mondo animale. Non sono sigillate e separate le une dalle altre, come se fossero tre matrioske, ma strettamente collegate da un'intricata rete di autostrade neuronali.

Lei non possiede un cervello rettile, ma semmai alcune strutture cerebrali che originano da un lontanissimo antenato in comune con i rettili. I cervelli non sono tre nel senso letterale, ma uno solo.

3.1 CERVELLO “RETTILE”

L'antenato più lontano del suo cervello risale a qualcosa come 500 milioni di anni fa ed è apparso sott'acqua. Un cervello primordiale composto da qualche centinaio di primitivi neuroni. Col passare degli anni – milioni di anni – la complessità di questi encefali è cresciuta, insieme alla complessità degli animali sottomarini che li ospitavano. Quando alcune specie sono uscite dall'acqua per colonizzare la terra, dove per sopravvivere c'era bisogno di rispondere a una complessità ancora maggiore, circa 250 milioni di anni fa si è evoluto quel che potremmo chiamare cervello rettile. Installato a bordo di

specie anfobie sempre più sofisticate, è diventato una dotazione di tutti i cervelli a venire: il suo disegno di base si riscontra tanto nei moderni rettili quanto nei moderni mammiferi, *Homo sapiens* incluso. Ovviamente, con le enormi differenze accumulate in milioni di anni di evoluzione.

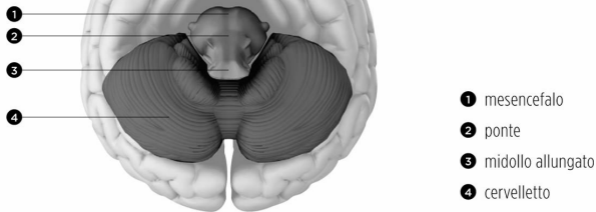
La parte più antica e interna del suo cervello è composta dal **cervelletto** e dal **tronco encefalico**, e controlla le funzioni vitali come il battito cardiaco, l'equilibrio, il respiro o la temperatura corporea.

È una componente più che affidabile della macchina cerebrale, in grado di funzionare 24 ore al giorno in modalità completamente automatica e senza

richiedere alcun impegno da parte dell'utente. Difatti nessuno dimentica mai di respirare. È vero che la remota origine genetica fa del cervello "rettile" la parte più primitiva, ribelle e indisciplinata del suo cervello. In compenso, l'interminabile progressione evolutiva ha coinvolto radicalmente ogni componente della macchina cerebrale umana, trasformandola in un altro ingranaggio fondamentale della sua stessa intelligenza.

ALLA BASE DI TUTTO

Le funzioni vitali del cervello "rettile"



3.1.1 Tronco encefalico

Osservato dalla base, il cervello comincia con una sorta di cavo, di condotto – un “nervodotto”, verrebbe da dire – che lo collega con il resto del corpo. Il tronco encefalico, chiamato più

graziosamente *brainstem* in inglese (gambo cerebrale), è talmente alla base delle funzioni cerebrali e della loro sorprendente storia evolutiva che, fra le varie cose, contribuisce a regolare il respiro, il battito cardiaco, il sonno e la fame.

Tutte le informazioni che transitano dal corpo al cervello, e anche viceversa, passano dal tronco encefalico. Nel primo caso, lo fanno attraverso i sentieri sensoriali dove viaggiano le informazioni del dolore, della temperatura, del tatto e della *propriocezione*, ovvero la percezione del proprio corpo. [▶100] Nel secondo caso, lungo i fasci di assoni [▶25] che originano dai motoneuroni del tronco

encefalico e finiscono in sinapsi nel midollo osseo, dove si propagano le informazioni che regolano il movimento.

Ma non è finita qui. Dalle tre principali componenti del tronco encefalico (midollo allungato, ponte e mesencefalo) emergono dieci delle dodici coppie dei **nervi cranici**, ovvero i nervi che nascono direttamente nel cervello e in entrambi gli emisferi, deputati al controllo motorio e sensoriale di faccia, occhi e viscere.

Il tronco è interamente attraversato dalla **formazione reticolare**, una collezione di un centinaio di network neuronali che mantiene lo stato di veglia, inviando alla corteccia una sequenza di segnali a intervalli regolari.

Quando la sequenza rallenta, viene indotta la sonnolenza. La formazione reticolare svolge un ruolo-chiave anche nei meccanismi dell'attenzione. [►155]

Così, se aggiungiamo che, oltre ad essere responsabile del funzionamento del sistema cardiocircolatorio e di quello respiratorio, contribuisce allo sviluppo della conoscenza e della consapevolezza – e quindi della coscienza – si capisce che il tronco encefalico sta alla base di tutto. In tutti i sensi.

► **Midollo allungato**

Senza non si vive. In modo involontario – ovvero senza la benché minima determinazione da parte del legittimo

proprietario – il midollo allungato orchestra i fondamenti basilari dell'esistenza, come il respiro, il battito cardiaco e la pressione sanguigna. È l'ufficiale di collegamento fra la spina dorsale e il cervello vero e proprio.

In quanto parte del tronco encefalico, serve a convogliare i messaggi neuronali fra il sistema nervoso centrale e quello periferico. In quest'ultimo, svolge un ruolo cruciale nel sistema nervoso autonomo, dove regola le funzioni respiratorie, cardiache e vasomotorie, nonché numerosi riflessi automatici, risposte involontarie a un numero variabile di stimoli (ne sono state contate 45). Fra questi la tosse, lo starnuto, il vomito, lo sbadiglio.

► Ponte

Risalendo lungo il tronco encefalico, fra il midollo e il mesencefalo, c'è il ponte. Chiamato anche *pons* (in latino) o ponte di Varolio (in memoria di Costanzo Varolio, l'anatomista italiano del Cinquecento che per primo lo descrisse), ha una forma leggermente rigonfia.

Il ponte collega diverse aree del cervello e gestisce il vitale flusso di comunicazione fra la corteccia cerebrale e il cervelletto. Attraversato da quattro coppie di nervi cranici, sostiene funzioni sensoriali come l'udito, il gusto, il tatto e l'equilibrio, ma svolge anche funzioni motorie come la masticazione o il movimento degli occhi. Visto che il

sonno REM origina da qui, il ponte ha un ruolo-chiave perfino nei sogni.

► **Mesencefalo**

Lungo appena 2 centimetri, il mesencefalo è il tratto finale del tronco encefalico, ma anche il più piccolo. Eppure, ha un *pedigree* embrionale di tutto rispetto.

Più o meno al ventottesimo giorno di sviluppo, il tubo neurale si distingue in tre vescicole che si preparano a diventare un cervello. Si chiamano **rombencefalo**, **mesencefalo** e **proencefalo**. Con il passare di poche settimane, il primo si distinguerà in **metencefalo** (diventando più tardi il

ponte e il cervelletto) e **mielencefalo** (il midollo allungato). L'ultimo, invece, si dividerà in **telencefalo** (corteccia cerebrale) e in **diencefalo** (ipotalamo, talami e altro). Il mesencefalo, che sta nel mezzo, resta il mesencefalo. In inglese, le tre divisioni embrionali vengono eloquentemente chiamate *hindbrain* (il cervello nascosto), *midbrain* (il cervello di mezzo) e *forebrain* (il cervello di fronte).

Per via di questa sua posizione strategica, il mesencefalo è attraversato da tratti di materia bianca che connettono il ponte con il talamo – quindi il cervello “rettile” con il sistema limbico – in entrambe le direzioni. Inoltre, alloggia al suo interno svariati

nuclei di materia grigia, sia sensoriali che motori, che gestiscono la regolazione della veglia e quella del dolore, l'udito e il movimento di testa e occhi.

Per semplificare, può essere diviso in tre parti: il tetto, il tegmento e i peduncoli. I primi due sono separati dall'acquedotto centrale (dove transita il liquido cerebrospinale [▶40]), mentre i peduncoli sono divisi dalla doppia *substantia nigra*, una delle principali sorgenti di dopamina.

▶▶ **Substantia nigra**

Si chiama “sostanza nera”, perché è densamente popolata da neuroni resi scuri dalla melanina, lo stesso pigmento

che produce l'abbronzatura. Anche in questo caso, di sostanze nere ce ne sono due. Ciascuna è divisa a sua volta in due parti, con funzioni interamente distinte: la *pars compacta* è popolata di neuroni dopaminergici che si proiettano nello striato, mentre la *pars reticulata* è composta soprattutto da neuroni GABA-ergici [▶31] collegati a numerose strutture diverse.

▶▶ Area tegmentale ventrale

Sempre nelle vicinanze, laddove finisce il mesencefalo, c'è una piccolissima struttura neuronale strategicamente collegata a molti angoli diversi del cervello, dal tronco encefalico alla corteccia prefrontale. Parte

fondamentale del sistema dopaminergico, e quindi del sistema della ricompensa, [▶140] l'area tegmentale ventrale (anche conosciuta con la sigla VTA) è funzionale alla motivazione, [▶152] all'apprendimento [▶159] e, in tutt'altra categoria, all'orgasmo. [▶120] Ma è collegata anche alla tossicodipendenza e ad alcune patologie mentali gravi.

3.1.2 Cervelletto

Il nome è diminutivo: il cervelletto o *cerebellum*, “piccolo cervello”, si chiama così per via delle sue dimensioni e del suo aspetto. Poco più grande di

una palla da golf, sembra quasi un encefalo in piccola scala – anche lui con due emisferi, ma senza le circonvoluzioni della corteccia – che abita nella cantina posteriore del suo cervello, sotto i lobi temporali, direttamente collegato con il midollo spinale, il quale trasmette gli ordini del cervello (anche involontari) al resto del corpo.

Il cervelletto è parte dell'equipaggiamento cerebrale di tutti i vertebrati, di rettili, pesci, uccelli, mammiferi. Già da qualche secolo, sappiamo che serve al controllo motorio, all'equilibrio e alla coordinazione dei movimenti, perché abbiamo visto cosa succede quando

viene fisicamente danneggiato. Ma nella versione *Homo sapiens*, l'Evoluzione sembra avergli aggiunto funzioni, e anche importanza. Anzi, secondo alcuni recenti studi, quest'antica parte del cervello avrebbe un ruolo tutt'altro che diminutivo.

Per cominciare, serve anche all'apprendimento motorio, soprattutto quando si tratta di imparare a eseguire movimenti sofisticati, come una *demi-volée* di rovescio su un campo di tennis o l'esecuzione delle fughe di Bach sulla tastiera di un pianoforte. Basterebbe questo a classificare il cervelletto come un patrimonio dell'umanità. Certo, messo a confronto con la corteccia cerebrale — la parte esteriore,

dominante, quasi ipertrofica dell'encefalo umano – sembrerebbe quasi un accessorio oppure, giustappunto, le vestigia di un remoto passato evolutivo. Dopotutto, rappresenta appena il 10% dell'intero volume cerebrale. Fin quando non si scopre che è popolato da circa 69 miliardi di neuroni, contro i circa 20 della corteccia. Il segreto sta nel fatto che circa 46 miliardi di questi sono cellule dei granuli, fra i neuroni più piccoli che ci siano.

Il ruolo del cervelletto non si può sminuire. Il suo costante interscambio informativo con la corteccia cerebrale, quasi un lavoro in tandem, sembra assegnargli un ruolo anche nelle funzioni

cognitive, oltre che in quelle motorie per le quali si era originalmente evoluto.

3.2 CERVELLO “MAMMIFERO”

Sopra il tronco encefalico e sotto la corteccia, c'è il **sistema limbico**, composto da un vasto numero di piccole o circonvolute strutture, interconnesse fra di loro. Presente *in nuce* anche negli invertebrati, è con l'evoluzione dell'encefalo mammifero che si è allargato, diventando prominente.

Da qui in poi, il cervello raddoppia. Nel senso che tutte le strutture sono replicate nell'emisfero sinistro e nell'emisfero destro, talvolta con funzioni parzialmente diverse. Per ogni talamo, amigdala o ippocampo, ce n'è

un altro speculare. Fa eccezione l'ipotalamo.

Oggi sappiamo che il sistema limbico, a lungo considerato come il “cervello emotivo”, è oggetto di una realtà molto più complessa. Da qui, nel cuore del cervello, dipendono in gran parte esperienze emotive come la paura o l'amore, ma anche funzioni centrali come l'apprendimento, la motivazione e la memoria.

È grazie al sistema limbico se lei prova piacere nel cibo o nel sesso. È colpa del sistema limbico se sperimenta la depressione o la demotivazione. È per via del sistema limbico se lo stress cronico rischia di indurle l'ipertensione arteriosa. E, sempre a titolo di esempio,

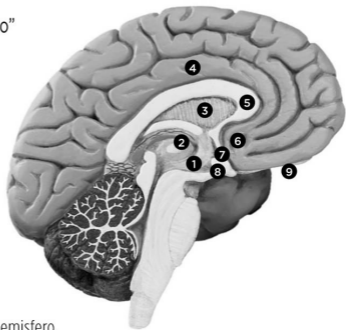
è ancora il sistema limbico che le consente – a torto o a ragione – di mandare al diavolo qualcuno.

IL SISTEMA LIMBICO

Nel cuore del cervello "mammifero"

- 1 ippocampo
- 2 talamo
- 3 striato
- 4 giro cingolato
- 5 corpo calloso
- 6 nucleus accumbens
- 7 ipotalamo
- 8 amigdala
- 9 bulbo olfattivo

Il sistema limbico ha una struttura tridimensionale, quindi parzialmente nascosta da questa sezione di un solo emisfero.



3.2.1 Talami

Il fiume di informazioni che costantemente inonda il suo cervello ha bisogno di un sistema assai efficiente per smistare, in tempo reale, i dati da computare nelle relative aree della corteccia. Il centro di smistamento si

chiama talamo ed è composto da due strutture simmetriche grandi come una noce ma dalla forma un po' allungata, dislocate quasi al centro del cervello e collegate fra loro da una minuscola striscia di materia grigia. Il suo mestiere è talmente vitale che un serio danno alla struttura talamica produce il coma irreversibile. Ad eccezione dell'olfatto [▶101] tutti i sistemi sensoriali [▶100] passano di qui, incluse la propriocezione nonché le informazioni provenienti dal più grande organo di senso del corpo umano: la pelle.

Per fare un esempio, l'immagine ricevuta dalla retina dell'occhio destro viene trasferita al talamo sinistro, che a sua volta la spedisce al lobo occipitale

sinistro, [▶64] ovvero la fetta di corteccia deputata alla vista. Ma il talamo non si limita a fare il postino, perché a sua volta riceve le informazioni di ritorno dal lobo occipitale. Questo meccanismo è replicato con tutte le altre aree della corteccia cerebrale che si occupano di calcolare le informazioni sensoriali e motorie. Ne scaturisce un imponente circuito chiuso talami-corteccia-talami che regola lo stato di veglia e di attenzione, ritenuto una componente del “magico” network cerebrale che produce la coscienza. [▶127]

3.2.2 Amigdale

Il mestiere delle due amigdale è quello di trovare – nel giro di millisecondi – le risposte da dare alle emozioni in arrivo, e poi anche di memorizzarle. Nel largo ventaglio delle emozioni disponibili però, la loro vera specialità è la paura, un'esperienza talmente importante per la sopravvivenza, che si è evoluto, per la sua gestione, un apposito circuito ad essa dedicato. [▶117]

Le due amigdale – racchiuse lateralmente dai lobi temporali di destra e di sinistra – lavorano e memorizzano in tandem, ma sembrano anche avere qualche inclinazione personale. Votata alla paura e alle sensazioni negative quella di destra (come si può verificare stimolandola elettricamente), un po' più

aperta alle sensazioni positive quella di sinistra, probabilmente implicata nel sistema della ricompensa. Ogni amigdala riceve informazioni dai neuroni deputati alla vista, all'olfatto, all'udito o al dolore, e rispedisce ordini esecutivi verso l'apparato motorio o il sistema circolatorio. In caso di pericolo, ad esempio, ordina contemporaneamente al corpo di immobilizzarsi, al cuore di battere più forte e agli ormoni dello stress di fare il loro lavoro. [►192]

Le amigdale – che devono il nome di origine greca alla vaga somiglianza con una mandorla – si occupano di gestire anche i ricordi della paura, inclusi i riflessi condizionati associati ad essa. [►65] Un topo a cui sono state rimosse le

amigdale non ha nessuna intenzione di scappare alla vista di un gatto. Inoltre, le amigdale partecipano al processo di consolidamento di tutte le memorie a lungo termine. [▶69]

Tuttavia, grazie alle nuove tecnologie per la “fotografia” cerebrale, [▶226] sta diventando chiaro che un funzionamento difettoso delle amigdale – vuoi per questioni genetiche, vuoi per qualche intoppo nella neurotrasmissione – può essere collegato ad ansia, autismo, depressione, fobie e stress post-traumatico. [▶181] Come appare chiaro in quest’ultimo caso, il trauma di una guerra o di una violenza sessuale cambiano *fisicamente* le amigdale nel giro di breve tempo. È probabilmente la

struttura cerebrale sessualmente più dimorfica che c'è, ovvero quella che più distingue il cervello di tipo maschile da quello di tipo femminile. [▶175]

3.2.3 Ippocampi

Dopo la corteccia frontale, gli ippocampi sono probabilmente la parte meno conosciuta e più scientificamente controversa del cervello. Tanto per dare un'idea, *The hippocampus book*, un volume di neuroscienza edito da Oxford University Press, è alto cinque dita: 840 pagine. Vagamente sagomati a forma di cavalluccio marino – da qui il nome loro assegnato nel Cinquecento

dall'anatomista bolognese Giulio Cesare Aranzi – gli ippocampi sono collocati in entrambi gli emisferi fra i talami e i lobi temporali della corteccia. In estrema sintesi, hanno a che fare con la memoria e con lo spazio.

Sono responsabili dell'installazione delle memorie episodiche, ovvero il ricordo delle esperienze personali. [▶69] Hanno un ruolo anche nella memoria semantica, che può includere banali nozioni o complesse regole sociali. Infine, sono strumentali al consolidamento della memoria, da breve a lungo termine. È dimostrato che eventuali danni agli ippocampi rendono impossibile la formazione di nuove memorie, lasciando intatte quelle

vecchie (immagazzinate altrove nel cervello) e preservando la memoria implicita, ovvero la capacità di imparare nuove abilità manuali (organizzata altrove nel cervello).

Gli ippocampi vengono modulati dai sistemi neurotrasmissori della serotonina, della dopamina e della noradrenalina. [▶29] Ma gli scienziati hanno notato che vengono attraversati anche da una misteriosa onda di impulsi elettrici ogni 6-10 secondi, quelle che vengono chiamate onde Theta (a una frequenza compresa fra i 6 e i 10 hertz). [▶22] Secondo recenti studi fatti all'Università di Berkeley, sembra che le diverse frequenze Theta servano a loro volta a trasmettere informazioni,

come verificato tramite gli elettrodi impiantati nel cervello di un topo intento a navigare dentro a un labirinto.

Difatti la navigazione è l'altro *core business* degli ippocampi, come dimostra il famoso studio sul cervello dei tassisti di Londra i quali, per ottenere la licenza, devono aver memorizzato la mappa dell'enorme città, ritrovandosi magicamente con la parte posteriore degli ippocampi ingrossata.

Questi due cardini del sistema limbico contengono anche un'elevata quantità di recettori del cortisolo, [►35] rendendoli particolarmente vulnerabili allo stress di lungo termine. È provato che gli ippocampi di persone colpite da stress post-traumatico risultino

parzialmente atrofizzati. [▶192] Sembra esserci un legame anche con la depressione grave e la schizofrenia. [▶196]

3.2.4 **Ipotalamo**

Per essere così piccolo, si occupa di un compito colossale: assicurare la sopravvivenza. L'ipotalamo, una struttura di 4 grammi spessa 4 millimetri e sepolta in mezzo all'encefalo, raccoglie le più disparate informazioni che arrivano dal corpo. E, all'occorrenza, tira le leve chimiche e neuronali per garantire il mantenimento dell'omeostasi, ovvero l'adeguato

bilanciamento delle risorse vitali.

L'ipotalamo abita proprio al centro del cervello, laddove si incontrano i due emisferi, piazzato in basso davanti ai due talami. Ha una struttura destra e sinistra ma, al contrario dei talami, si presenta come una cosa sola e come tale è qui considerato.

Attraverso i suoi numerosi nuclei, le unità operative che lo compongono, controlla fra le varie cose la temperatura corporea, misura l'assunzione di acqua e cibo attraverso sete e fame, dirige quel continuo flusso fisiologico chiamato ritmo circadiano [►113] e regola il comportamento sessuale.

Il minuscolo ipotalamo è così potente perché, oltre al suo arsenale neuronale,

tiene sotto controllo l'**ipofisi** (o ghiandola pituitaria), la regina del sistema endocrino che abita nelle immediate vicinanze. L'ipofisi produce otto ormoni fondamentali per l'omeostasi, due dei quali sintetizzati dall'ipotalamo in persona. Si va dallo strategico **ormone della crescita** (che stimola la riproduzione e la rigenerazione cellulare) all'ormone di rilascio della corticotropina (che serve a contrastare lo stress). Si va da ossitocina e vasopressina (due neurotrasmettitori necessari per l'innamoramento) a prolattina (che regola l'allattamento) e gonadotropina (che dirige lo sviluppo sessuale).

Insomma, l'ipotalamo non è

semplicemente incaricato della sopravvivenza, quanto dell'intera prosecuzione della specie.

3.2.5 Gangli della base

Nel cuore dei due emisferi cerebrali c'è un'autentica collezione di nuclei di materia grigia – ognuno con la propria configurazione anatomica e neurochimica – ben collegati tanto coi piani alti della corteccia, quanto col pianoterra del tronco encefalico. Sono associati al movimento volontario e automatico, al movimento degli occhi, ma anche a emozioni e cognizioni.*

► **Putamen**

Sono strutture arrotondate di notevoli dimensioni che dimorano sopra i talami e che sono coinvolte nel complesso meccanismo del movimento. Non a caso, il putamen è collegato alle malattie degenerative come il Parkinson, che colpisce il sistema motorio.

► **Caudato**

In entrambi gli emisferi, origina dal putamen e lo avvolge in una sorta di spirale che va via via ad assottigliarsi. Anch'esso coinvolto nel sistema motorio e nel Parkinson, svolge funzioni cognitive (apprendimento, memoria, linguaggio) e psicologiche: esami con la

risonanza magnetica funzionale dimostrano che il nucleo caudato “si accende” alla vista della persona amata, ma anche di fronte alla bellezza in generale. Insieme al putamen, costituisce lo **striato dorsale**.

► **Nucleus accumbens**

Anche qui sarebbe giusto dire *nuclei accumbentes*, perché di queste strutture rotondeggianti ce n'è una per ogni emisfero. Sono coinvolte nel sistema della ricompensa, [►140] essendo una componente vitale del cosiddetto sentiero mesolimbico, che trasporta la dopamina [►32] dall'area tegmentale. [►48] Difatti sono implicate nei casi di dipendenza. Tuttavia, in tempi più

recenti si è scoperto che il *nucleus accumbens* è attivo anche nella repulsione, il contrario della ricompensa. Ha un ruolo nell'impulsività e nell'effetto placebo. [►185] Insieme al tubercolo olfattivo costituisce il cosiddetto **striato ventrale**.

► **Striato**

Gli striati ventrali e dorsali (la somma delle componenti sopra descritte) formano lo striato, complessivamente associato con il rinforzo dell'apprendimento e altre funzioni cognitive, ma anche con la ricompensa e il suo stesso eventuale rinforzo oltre la soglia della dipendenza. In generale, lo

striato si attiva quando lei fa un'esperienza piacevole o semplicemente se l'aspetta. [▶65]

▶ **Globo pallido**

Riceve informazioni dallo striato e le spedisce alla *substantia nigra*. Ha un ruolo-chiave nei movimenti volontari.

▶ **Subtalamo**

Riceve gli input dallo striato e contribuisce a modulare il movimento.

3.2.6 **Giri cingolati**

Siamo nel mezzo fra il cervello

mammifero e quello primate. I giri cingolati – strutture oblunghe che in entrambi gli emisferi avvolgono il corpo calloso [▶20] – fanno parte della corteccia cerebrale ma, essendo considerati parte integrante del sistema limbico, li includiamo qui.

Dal punto di vista dell'architettura cerebrale, potremmo dire che la corteccia cingolata sia analoga all'attico dell'apparato limbico. Ricevendo sia informazioni dall'alto (la corteccia) che dal basso (i talami), [▶51] i giri cingolati sono implicati nelle emozioni, [▶116] nell'apprendimento [▶159] e nella memoria. [▶69] Non a caso, svolgono una lunga lista di ruoli letteralmente vitali.

La parte anteriore è coinvolta tanto in funzioni di base (come la pressione e il battito cardiaco) che in funzioni complesse (come il controllo emotivo, [▶170] la predizione [▶65] e il *decision-making* [▶167]). Quella posteriore, invece, è un tassello-chiave del *default mode network*, [▶164] ma è anche implicata nel recupero dei ricordi e anche nella coscienza. [▶127]

3.3 CERVELLO “PRIMATE”

La costruzione dei piani alti del cervello è cominciata nei mammiferi centinaia di milioni di anni fa. Il telencefalo (come viene chiamata l'ultima sezione del cervello in forma embrionale [▶47]) si è progressivamente evoluto nella corteccia cerebrale, la componente più potente e sofisticata dell'encefalo di topi, gatti, scimmie e uomini oggi in vita. Rettili e uccelli possiedono il pallio, che qualcuno chiama corteccia, ma che corteccia non è.

Nell'arco di intere ere geologiche, la corteccia si è sviluppata ancora,

distinguendo, fra i primati, gli ominidi. Il *genus Homo* è comparso circa 2 milioni di anni fa e la corteccia degli *Homines sapientes* di 200mila anni or sono – l'unica specie rimasta, dopo l'estinzione dei Neanderthal – è diventata enorme, quasi ipertrofica rispetto al resto. Si ritiene che a questo abbiano contribuito enormemente la destrezza manuale del pollice opponibile, le capacità predatorie della visione frontale e stereoscopica, nonché le opportunità sociali offerte da un primitivo linguaggio. La corteccia si è sviluppata ulteriormente fino a che, circa 50mila anni fa, sono apparse la cultura e il comportamento dell'essere umano “moderno”, l'*Homo sapiens*

sapiens. Tanto per darle un'idea, la corteccia rappresenta quasi il 90% del peso del suo intero cervello.

I fuochi d'artificio cerebrali si accendono qui. È qui che il marasma informativo che piove dalle periferiche collegate, come la pelle o gli occhi, viene elaborato e catalogato. È qui che nascono e si radicano le nuove memorie, poi classificate e associate con la conoscenza già accumulata. È grazie alla vistosa potenza di calcolo della corteccia che lei è in grado di riflettere, immaginare, confrontare, decidere e cambiare idea.

La corteccia cerebrale è il trionfo della **materia grigia**, ovvero il tipico addensamento cerebrale che impacchetta

neuroni, cellule gliali e capillari, con quel colore grigiastro-rosato osservato dai primi anatomisti della storia. Il grigio si distingue bene dalla materia bianca che si trova qua e là nel cervello, ma in particolare al di sotto della corteccia, dove si incontra il **corpo calloso**, centinaia di milioni di assoni che collegano i due emisferi corticali fra di loro con la tipica impronta cromatica della bianca mielina. [▶25, 39]

Presente esclusivamente nell'encefalo dei mammiferi placentati, il corpo calloso è parte integrante e irrinunciabile dei più complessi meccanismi cerebrali, come l'intelligenza e la coscienza, perché mette il turbo ai due emisferi della

corteccia.

3.3.1 Corteccia cerebrale

Se lei prendesse una tovaglia di 2 metri quadrati, la stendesse sul tavolo e poi la stringesse verso il centro, come per farla entrare dentro a un vaso o a una scatola, otterrebbe qualcosa di tortuoso e aggrinzito, molto simile a una corteccia cerebrale. È proprio quel che ha fatto l'Evolutione. Per aumentare lo spazio disponibile, dentro a una scatola cranica peraltro sempre più grande, ha organizzato la materia grigia della neocorteccia – la parte più dilagante ed evolutivamente più giovane del suo

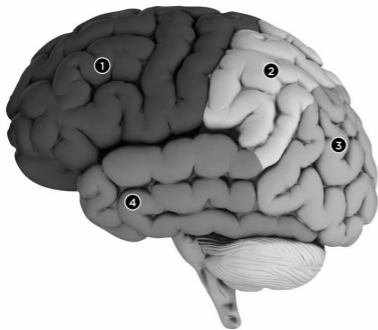
cervello – sotto forma di circonvoluzioni.

Le valli, per definire le parti concave della tovaglia, si chiamano **solchi**. Le montagne, ovvero le parti convesse, si chiamano **giri**. Le **scissure**, invece, sono dei solchi più profondi che distinguono i quattro lobi della corteccia, a loro volta battezzati come il corrispondente osso del cranio: il **lobo frontale** davanti (sede del pensiero astratto, del ragionamento, ma anche della socialità e della personalità), il **lobo temporale** di lato (udito, comprensione, linguaggio, apprendimento), il **lobo parietale** in cima alla nuca (tatto, gusto, temperatura) e il **lobo occipitale** dietro la nuca (vista). Infine, c'è una grande divisione

a metà, chiamata **scissura interemisferica**, che separa la prominente corteccia in **due emisferi**.
Cosicché, i lobi sono sempre doppi.

NEI LOBI DELL'INTELLIGENZA

Le meraviglie del cervello "primate"



1 lobo frontale

- pianificazione
- ragionamento
- soluzione dei problemi
- moralità
- personalità
- socialità
- empatia
- area di Broca (linguaggio)

2 lobo parietale

- senso del tempo e dello spazio
- sensazioni
- posizione corporea
- lettura e comprensione

4 lobo temporale

- comprensione
- udito
- parola
- memoria
- apprendimento
- area di Wernicke (linguaggio)

3 lobo occipitale

- vista
- percezione di colore, forma e distanza

Per qualche tempo si è creduto che i due emisferi svolgessero compiti fondamentalmente diversi e che ogni utente avesse un emisfero dominante, diciamo così, preferito. Così è nata la leggenda: c'è chi ha un "cervello sinistro" e quindi è abile in matematica e nella logica, e chi ha un "cervello

destro” ed è più creativo e incline alle arti. Non è vero. [►201]

Difatti, in caso di emisferectomia (la rimozione chirurgica, o la disattivazione di un emisfero, eseguita in caso di rare sindromi epilettiche) spesso il cervello e i processi cognitivi riprendono col tempo a funzionare, soprattutto se il paziente è un bambino, capace per definizione di esibire appieno la plasticità cerebrale. [►73] Al mondo c'è uno sparuto numero di utenti come lei che vive più o meno normalmente con un emisfero solo.

Questo non vuol dire che i due emisferi non esibiscano le loro rispettive peculiarità, quel che i neuroscienziati chiamano

lateralizzazione. Gli esempi più famosi e consolidati sono quelli dell'**area di Broca** (produzione del linguaggio) e dell'**area di Wernicke** (comprensione del linguaggio), che si trovano solitamente nell'emisfero sinistro, ma in quello destro di alcuni mancini. Senza dimenticare che i dati che arrivano dalle periferiche sensoriali investono entrambi gli emisferi, ma con una modalità rovesciata: le informazioni dell'occhio destro vengono processate dal lobo occipitale sinistro, o il tatto della mano sinistra viene calcolato dal lobo parietale destro.

La "tovaglia" della corteccia cerebrale è spesso fra i 2 e i 4,5 millimetri. Eppure, quella materia grigia

sottile e molliccia è composta dalla bellezza di **sei strati neuronali**, ognuno dei quali possiede una propria caratteristica strutturale, sia per i diversi tipi di neuroni che contiene sia per le connessioni con altre zone della corteccia o zone subcorticali, ovvero sotto la corteccia.

La corteccia cerebrale è la cosa più complessa del cervello, che a sua volta è la cosa più complessa che conosciamo. Eppure, mentre il progresso tecnologico permette alla scienza di scrutare sempre meglio dentro ai meccanismi cerebrali, ci sono già le prove che non esistano al mondo due cortecce uguali né che funzionino esattamente nello stesso modo.

È un fatto straordinario, perché solo una minuscola variazione dello 0,1% nel genoma determina le differenze fra un aborigeno dell'Australia e un inuit della Groenlandia, che quindi sono geneticamente quasi identici. Eppure, il 100% dei cervelli *sapiens* è unico al mondo.

► **Lobi frontali**

Benvenuti nel centro direzionale di comando. Qui, nella corteccia frontale – e in particolare nella corteccia prefrontale, che occupa la fronte e l'inizio della nuca – si concentrano le funzioni cognitive più sofisticate, come il pensiero e il ragionamento, le credenze e il comportamento, ovvero

quel che veramente distingue la versione del suo cervello *sapiens* da tutte le altre versioni precedenti. La corteccia prefrontale è molto più sviluppata che nella maggioranza degli altri primati, e in molti mammiferi sembra non esserci affatto. Negli esseri umani, i lobi frontali raggiungono la piena funzionalità nei 25-30 anni successivi all'avviamento del cervello [►83]. Il che spiega in buona parte le marcate differenze fra infanzia, pubertà, adolescenza ed età adulta.

È impossibile sottostimare il loro ruolo. Per darle un'idea, la invitiamo a compiere quattro esercizi in successione:

- scelga un luogo di vacanza della sua

infanzia e se lo figurò com'era, nella maniera più dettagliata possibile. Poi si immagini come potrebbe essere oggi;

- cerchi di immaginare, in una situazione di conflitto armato a sua scelta, la dura vita di una donna rimasta sola con due figli piccoli;
- a partire da 101, faccia il conto all'indietro, sottraendo ogni volta 8;
- con la mano appoggiata al tavolo, tamburelli le dita in successione, avanti e indietro.

Bene, quando avrà finito, avrà attivato completamente i lobi frontali del suo cervello. O, se preferisce, lei non avrebbe mai potuto eseguire questi compiti senza una corteccia *sapiens*.

Perché è nella corteccia frontale che riusciamo a riesumare un ricordo emotivo mediato dal sistema limbico e poi a modellarlo attraverso l'immaginazione. [►164] È qui che sorge l'empatia [►132] nei confronti di altri esseri viventi e, potenzialmente, anche di quelli mai conosciuti. È qui che si maneggiano calcoli, ragionamenti logici e linguaggio. Ma è anche qui che si regolano i movimenti volontari, come l'articolazione delle dita sulla tastiera di un computer, ed è qui che risiede la corteccia motoria primaria che le consente, fra le varie cose, di camminare.

In poche parole, i lobi frontali sono il centro di comando perché gestiscono

le cosiddette funzioni esecutive del cervello, come la **memoria operativa**, il **controllo inibitorio** (la capacità di reagire diversamente dal solito pur di ottenere un obiettivo), la **gratificazione differita** (la capacità di resistere a un desiderio in cambio di una ricompensa futura), la **flessibilità cognitiva** (la capacità di gestire più concetti contemporaneamente), il **ragionamento**, la **pianificazione** e altro ancora. [▶151]
La personalità sta in gran parte lì, nella corteccia prefrontale. [▶146]

Lo sappiamo da parecchio tempo, grazie a un drammatico incidente. Ora, a dire il vero le deduzioni scientifiche – prima dell'avvento delle tecnologie di *imaging* non pervasive come PET, MEG

e fMRI [▶226] – venivano fatte confrontando il cervello prima e dopo un'operazione, un'ischemia o un violento trauma. Questo manuale evita accuratamente di elencare questi eventi truculenti, ma non può rinunciare al più famoso di tutti.

Siamo nel 1848, nel Vermont, e il signor Phineas Gage è al lavoro alla costruzione di una nuova ferrovia. C'è un'improvvisa esplosione e un'asta di ferro lunga un metro e di 3 centimetri di diametro attraversa il cranio di Gage dal basso verso l'alto, perforandogli proprio il lobo frontale sinistro. Incredibilmente, il poveretto riesce a sopravvivere. Però non è più lo stesso Phineas Gage di una volta. Se prima era

affabile, gentile e irreprensibile, adesso è scapestrato, donnaiolo e irriverente. «L'equilibrio fra le sue facoltà intellettuali e le sue propensioni animali – sintetizza John Harlow, il medico che ne descrisse il caso clinico – sembra essere andato a pezzi». Il caso Gage ha un posto nella storia della medicina perché ha dimostrato, senza più ombra di dubbio, che la biologia e la psicologia sono strettamente intrecciate.

A tutti gli utenti, ma in particolare a coloro che hanno l'abitudine di portare il cervello in moto o a sciare, raccomandiamo caldamente di fare attenzione a non traumatizzare il centro direzionale di comando.

► **Lobi temporali**

Esattamente ai due lati del cervello primate ci sono i lobi temporali. Deputati prima di tutto al linguaggio e alla percezione sensoriale, si trovano proprio all'altezza delle orecchie. Com'è facile immaginare, si occupano di elaborare i segnali sonori in arrivo dalle periferiche uditive attraverso la cosiddetta corteccia uditiva primaria. [►109] La quale è collegata alle aree secondarie, dove vengono interpretati i suoni e le parole. Proprio lì accanto, ma solo nel lobo temporale sinistro, c'è l'area di Wernicke che è specializzata nella comprensione del linguaggio, sia scritto che orale. La ricerca medica ha verificato che lesioni a quest'area della

corteccia lasciano il paziente perfettamente capace di parlare (perché a quello ci pensa l'area di Broca, nel lobo frontale), ma senza che le sue parole messe in fila abbiano alcun significato.

Come accade in molte altre aree della corteccia, le capacità della corteccia uditiva primaria sono fortemente legate alle esperienze – in questo caso uditive – fatte in giovane e giovanissima età. Per questo motivo, un bambino piccolo esposto quotidianamente ai suoni di due o tre lingue diverse, da adulto sarà poliglotta. Ma se, per esempio, ascolta uno di questi idiomi solo durante gli anni dell'asilo, pur senza diventare

madrelingua, manterrà una certa inclinazione nel discernere i suoni di quella lingua. Per lo stesso motivo, è assai arduo che una bambina mai esposta alla musica nei suoi primi dieci anni di vita, poi faccia la musicista di mestiere. C'è addirittura chi teorizza che le esperienze di ascolto già a partire dalla fase fetale (con le cuffie appoggiate al pancione della mamma) predispongano alla musicalità del nascituro. Nel 2015 è stato pubblicato su YouTube un video di Dylan, un bambino cui è stata fatta ascoltare la musica sin da cinque mesi prima della nascita e che è in grado di ascoltare un accordo, anche complicato, e dire all'istante i nomi delle note che lo compongono.

I lobi temporali, però, sono fortemente implicati in altri due processi fondamentali: la visione e la memoria. Nel primo caso, ricevono informazioni visive dai lobi occipitali e le decodificano, associando ogni dettaglio, come facce e oggetti, al loro nome. [▶105] Nel secondo, i lobi temporali comunicano con ippocampi e amigdale per formare memorie esplicite di lungo termine. [▶69]

▶ **Lobi parietali**

Sono quasi le otto, ora di colazione. Immagini questa normalissima scena al rallentatore: la sua mano si allunga ad afferrare la tazza di tè, ma poi si ritira perché bollente. Al che, cambia

istantaneamente programma e la impugna per il manico.

Che c'è di speciale in tutto questo? Molto. Per cominciare, questa azione banale e spensierata richiede un sistema visivo capace di calcolare le informazioni sulla distanza della tazza dalla mano, nonché sulla sua forma e sulle sue proprietà. Dopodiché il movimento viene eseguito con la cautela necessaria a verificare la temperatura esterna: ci vuole quindi un sistema capace di computare i dati spediti dai recettori nella mano che riconverta la strategia in un altro calcolo spazio-sensoriale incentrato sul manico della tazza. Per farla molto più semplice, potremmo dire che c'è bisogno di due

lobi parietali.

Piazzati in cima alla nuca, subito dietro i prominenti lobi frontali, i lobi parietali si occupano della percezione multisensoriale e della sua integrazione con il sistema motorio. In questo senso, potrebbero essere considerati come una “corteccia associativa”, che coniuga segnali da tutti i sensi disponibili – vista, udito, termocezione, nocicezione e via dicendo [►100] – con il preciso obiettivo di risparmiarle una scottatura ogni volta che beve il tè.

Lungo tutta la frontiera che li divide dai lobi frontali, c'è un'area chiamata **corteccia somatosensoriale**, che controlla il tatto. La quale contiene anche una mappa spazio-sensoriale che

le consente di affermare che il dolore della tazza troppo calda veniva proprio dalla mano. Questa rappresentazione neuronale di tutte le regioni tattili è chiamata *homunculus*, perché resa sproporzionata dal numero dei recettori delle parti del corpo più sensibili: si immagina una figura umanoide con gigantesche mani e piedi, nonché una lingua debordante. [►111]

I lobi parietali sono largamente implicati anche nel linguaggio e nella sua decodifica.

► **Lobi occipitali**

Così come l'orecchio sinistro invia i segnali acustici convertiti in segnali elettrici al lobo temporale destro

(esattamente dalla parte opposta del cervello), anche l'occhio sinistro invia i segnali luminosi convertiti in segnali elettrici al lobo occipitale destro, ovvero dietro la nuca, proprio agli antipodi degli occhi.

Dire che i lobi occipitali si occupino semplicemente della vista, sarebbe alquanto riduttivo. Ciascun lobo deve prima di tutto ricevere l'immensa mole di dati che arrivano dalla retina dell'occhio opposto attraverso il talamo e, perdipiù, rovesciati. Dopodiché, deve contemporaneamente calcolare il colore di tutti gli oggetti nel campo visivo; valutare dimensioni, distanza e profondità di campo; identificare oggetti in movimento o facce familiari. Questo

complesso lavoro è svolto da aree diverse della corteccia, che lavorano – letteralmente – fianco a fianco. Dopo la **corteccia visiva primaria** (conosciuta come V1) che riceve le informazioni grezze e rileva il movimento, altre aree si occupano ad esempio di fare associazioni (V2), di rilevare il colore (V4) o di computare forme, dimensioni e rotazione degli oggetti. La somma di queste operazioni produce l'immagine a 120 gradi, a colori, tridimensionale, in gran parte ad alta risoluzione e in tempo reale che il suo cervello le rappresenta in questo esatto momento. [►105]

Ma non è finita qui, perché il lobo occipitale inoltra a sua volta le informazioni del campo visivo al lobo

parietale, per eseguire operazioni come afferrare una tazza, e al lobo temporale per connettere le informazioni visive del presente con la memoria di quelle passate (e ricordarsi che la tazza potrebbe essere bollente).

In sintesi, c'è un'area del lobo occipitale che riceve le informazioni visive e un'altra che le interpreta. È il loro lavoro in tandem che le permette di leggere queste parole e di capirle all'istante.

* I gangli della base includono in realtà componenti cerebrali che derivano da telencefalo, diencefalo e mesencefalo, ovvero tre delle cinque sub-divisioni dell'encefalo in forma embrionale. [▶47]



4.0 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Il suo cervello è un prodotto multifunzione. Tre in uno? Cinque in uno? No, no, le funzioni che svolge sono molte di più. Talmente numerose e sovrapposte le une alle altre che sarebbe difficile, se non discutibile, elencarle con precisione.

Si potrebbe dire che il suo cervello sa pensare e reagire, sa ricordare e dimenticare, sa innamorarsi e odiare, sa dormire e svegliarsi, sa capire e imparare, sa costruire e sa distruggere. E quanto

ancora? La sua forza, in fondo, è la forza del genere umano.

Tuttavia, se dovessimo scegliere le sue tre o quattro caratteristiche principali, potremmo puntare il dito sul fatto che il cervello riorganizza continuamente le proprie connessioni, cerca sempre di prevedere il futuro, sa riflettere su di sé, sa ricordare, e sentire il peso della propria esistenza.

La somma di tutto questo, viene chiamata intelligenza.

4.1 **PREDIZIONE**

Mentre lei vive più o meno serenamente il presente, il suo cervello è costantemente indaffarato a immaginare il futuro. Numerosi esperimenti neurologici e psicologici hanno dimostrato l'esistenza di una funzione cerebrale di base che i nostri antenati – sprovvisti di tecnologie come la risonanza magnetica – mai avrebbero potuto immaginare: la predizione. In poche parole, il cervello predice costantemente le proprie percezioni. È un po' come se guardasse sempre nel futuro, più o meno prossimo.

Lei non se ne accorge ma, mentre cammina, il suo cervello predice a ogni passo quando il piede raggiungerà il suolo. Se la predizione fallisce – perché c'è uno scalino o una piccola buca per terra – sa bene cosa succede e un *istantaneo* stato di allarme la incita a recuperare l'equilibrio.

Se non riuscissimo ad anticipare la traiettoria delle automobili, non potremmo metterci al volante: sarebbe pericoloso anche solo attraversare la strada. Parecchi sport sarebbero impossibili da praticare, perché non saremmo in grado di calcolare la direzione della palla né di prevedere dove la gravità la farà atterrare. Un tempo, prima che *playlist* e *streaming*

spezzassero il tradizionale ordine di ascolto, ogni fan dei Beatles sperimentava un curioso effetto: al termine dell'ascolto di *With a little help from my friends*, in quella breve pausa, udiva già nella testa le prime note di *Lucy in the sky with diamonds*, prima ancora che il disco le suonasse.

Per l'esattezza, il suo cervello è costantemente impegnato a immaginare il futuro al fine di confrontarlo con il passato. Nel marasma di stimoli che riceve, usa le vecchie esperienze per anticipare le percezioni che, presumibilmente, arriveranno subito dopo. Quando però la previsione si rivela sbagliata, come nel caso del piede in fallo, attinge alle esperienze

passate al fine di correggere l'errore.

Anche la scienza ne ha corretto uno di errori, non molti anni fa. Per secoli si è creduto che il cervello reagisse alle informazioni che gli arrivano dagli organi di senso. Oggi, invece, sappiamo che il cervello non reagisce, ma predice. Per questo è costantemente attivo e attraversato senza posa da milioni di reazioni chimiche al secondo. Il cervello predice sensi e sensazioni – per esempio visive, uditive, olfattive – e le confronta con le esperienze passate anche senza che lei se ne accorga. Almeno fin quando non arriva un segnale imprevisto che richiama la sua attenzione. Chi è solito guidare l'auto lungo un percorso ben conosciuto conosce l'effetto di

vagare altrove con la mente fino al prossimo semaforo rosso.

Tuttavia, anche quando lei presta attenzione, ad esempio mentre ascolta qualcuno che sta parlando, il suo cervello seziona automaticamente i suoni, le sillabe e le parole cercando di anticipare i suoni, le sillabe, le parole – e quindi le idee – che seguiranno. Lo stesso accade quando le capita di rivedere un vecchio film (prevedendo sempre quale scena seguirà) o quando ne vede uno per la prima volta (immaginando come andrà a finire).

La predizione è strettamente legata al sistema della ricompensa, [▶140] uno dei più importanti meccanismi neuronali che influenzano il comportamento, con

l'attivazione del circuito della dopamina. [►32] A inizio Novecento Ivan Pavlov scoprì il cosiddetto **riflesso condizionato**: producendo lo stesso suono ogni volta che nutriva i suoi cani, lo psicologo russo notò che poi bastava riproporre il suono per farli automaticamente salivare. Pavlov non aveva idea che si trattasse dei circuiti della dopamina (che verranno scoperti più tardi, nel 1958), ma i suoi esperimenti hanno gettato le basi per lo studio dei processi cognitivi.

Studi sulle scimmie hanno dimostrato che, una volta imparato il meccanismo per ottenere il cibo (tipo premere un tasto cinque volte), i primati ricevono una scarica di dopamina che, per

definizione, offre all'encefalo una sensazione di piacere. Ma dopo un po' il flusso di dopamina non arriva insieme al cibo. Non arriva neppure quando la scimmia preme il bottone. Arriva prima, quando la scimmia – felice di aver scoperto il trucco che le riempirà la pancia – *si prepara* a premere il bottone. È un meccanismo anticipatorio. Al contrario di quel che si pensava un tempo, la ricompensa non spetta alla fine, ma prima di compiere l'azione. Così si scopre che la predizione neuronale, questa proiezione del cervello nel futuro, è il motore della motivazione. La dopamina irrorà il cervello per provocare l'azione *ex-ante*, non per premiarla *ex-post*.

È interessante notare che, quando i ricercatori hanno cominciato a ricompensare le scimmie una volta sì e una volta no – ovvero con una probabilità del 50% – le scariche di dopamina non si sono dimezzate: sono più che raddoppiate. In altre parole, di fronte a un certo grado di incertezza sul risultato finale, il sistema della ricompensa addirittura moltiplica la sensazione di benessere modulata dalla dopamina. È forse questa incongruenza di fondo che incoraggia molti possessori di encefali funzionanti a giocare alla roulette (una possibilità di vincere su 38) o al Superenalotto (una possibilità su 622.614.630), talvolta fino al punto di non riuscire a farne a meno. [►189]

Da un altro punto di vista, si potrebbe dire che il cervello ha questa ossessione per il futuro perché è l'unico modo che ha per gestire gli imprevisti e le incertezze della vita, e che quindi è evolutivamente motivata. La mostruosa mole di informazioni, interne ed esterne, [▶100] che il suo encefalo calcola ogni secondo è spesso poco chiara e ambigua, così lui ripara cercando di immaginare cosa accadrà. Per l'esattezza, deve fare un'enorme sequenza di inferenze (dal latino *inferre*, "portare dentro"), al fine di predire l'immediato futuro.

L'inferenza bayesiana, che porta il nome di Thomas Bayes, prete e matematico del Settecento, è basata su

un teorema statistico che stima il variare delle probabilità di un evento al variare delle informazioni disponibili («le probabilità di A dato B sono uguali alle probabilità di B dato A, moltiplicato le probabilità di A, diviso le probabilità di B»). La complessa statistica matematica originata dell'inferenza bayesiana ha trovato applicazioni in ingegneria, in medicina e in filosofia. La **neuroscienza computazionale**, che studia le funzioni cerebrali in termini di elaborazione dei dati, considera il cervello come una macchina bayesiana che produce costanti inferenze sul mondo e le riaggiusta sulla base delle effettive percezioni sensoriali. Un approccio che sta avendo importanti ricadute sullo

sviluppo dell'intelligenza artificiale.

[▶233]

Ma la proprietà cerebrale della predizione potrebbe essere anche la chiave per comprendere l'intelligenza umana. Jeff Hawkins, inventore del Palm Pilot, un computer tascabile degli anni novanta, ha fondato una startup di intelligenza artificiale basata proprio su questi meccanismi neurologici. Nel suo libro *On intelligence*, Hawkins definisce l'intelligenza come «la capacità del cervello di predire il futuro attraverso analogie con il passato». Il che potrebbe essere addirittura un po' riduttivo. «Nuovi studi scientifici – scrive Lisa Feldman Barrett, una psicologa della Northeastern University

– suggeriscono che pensieri, emozioni, percezioni, ricordi, decisioni, categorizzazioni, immaginazioni e molti altri fenomeni mentali storicamente considerati come processi cerebrali distinti, possono essere riuniti sotto un singolo meccanismo: la predizione».

La predizione, una funzionalità cerebrale del tutto impercettibile per l'utente, per attivarsi correttamente necessita di un altro importante meccanismo. Al fine di mettere a confronto il futuro incerto con il passato conosciuto, il cervello ha bisogno di una memoria incorporata.

4.2 MEMORIA

Lei è quel che il suo cervello ricorda. Senza la memoria, non riuscirebbe a parlare, a muoversi nello spazio, ad avere relazioni sociali e quindi ad essere quel che è. Sarebbe come essere deprivati della propria personalità.

Noi tutti siamo quel che i nostri antenati si sono tramandati nel corso della storia. Senza la memoria, la civiltà umana e i gruppi sociali che conosciamo non esisterebbero. La memorizzazione di un linguaggio ha consentito la creazione e il flusso delle culture, con torrenti di tradizioni orali, fiumi di libri e oggi oceani di informazioni multimediali.

La sua memoria installata è

compatibile al 100% con l'attuale versione di sistema del cervello. [▶18]

Si tratta, infatti, di un equipaggiamento marcatamente umano. Lungo l'interminabile tracciato dell'Evoluzione, la memoria si è prima sviluppata come meccanismo della paura, per ricordare di star lontani dai pericoli. Nei vertebrati si è aggiunta una memoria spaziale per migliorare la navigazione nel mondo, utile a prede e predatori. Nei mammiferi si è evoluta una sorta di memoria sociale, con gerarchie e rapporti familiari. Nei primati è cresciuta una memoria motoria della manualità. Nell'uomo si è aggiunta la memoria soggettiva, quella che, a conti fatti, distingue la personalità nel

suo arcobaleno di sfumature e la proietta nella società. [►146]

Non esiste un deposito centrale delle informazioni, che sono invece distribuite in un network sinaptico talmente complesso e intricato che resta ancora in gran parte da comprendere. Ogni frammento di ricordo (parole, panorami, emozioni) è codificato nell'area che lo ha creato (lobo temporale, lobo occipitale, sistema limbico) e riattivato ogni volta che viene richiamato alla mente.

Non solo la memoria non è un processo unitario, ma ci sono molteplici tipi di memoria, ognuno codificato in aree neuronali diverse.

L a m e m o r i a a b r e v e t e r m i n e è

breve per davvero: qualche decina di secondi. È come se registrasse in continuo gli eventi della nostra vita, tipo le cose, le persone e le vetrine che incontriamo lungo una passeggiata per il centro storico della città. Ma tutte queste informazioni, a meno che non siano richiamate attraverso associazioni o non vengano compiuti sforzi per memorizzarle, di lì a poco scompariranno per sempre. Beh, sempre che non ci sia di mezzo l'ipertimesia, una rarissima patologia che costringe i malcapitati a ricordare in perfetto dettaglio com'erano vestiti il 13 aprile del 2005 e quali parole avevano pronunciato prima di colazione. Normalmente, noi umani facciamo fatica

anche solo a ricordare un numero di telefono ascoltato pochi secondi prima.

Della memoria a breve termine fa parte la **memoria operativa** che, a titolo d'esempio, è quella che usiamo ripetendo mentalmente il suddetto numero di telefono, al fine di conservarlo per un'altra manciata di secondi.

La memoria breve è indispensabile per radicare la **memoria a lungo termine**. La quale, in pratica, è tutto quel che conosciamo. Riunisce la ricostruzione degli eventi più importanti di una vita, un vocabolario di significati anche in numerose lingue, un catalogo delle capacità manuali e motorie più disparate e poi ancora nomi, numeri,

facce, luoghi, fatti, nozioni, emozioni, sensazioni, qualità, giudizi, credenze.

Per gli amanti delle classificazioni, viene solitamente divisa in due:

- La **memoria esplicita**, che può essere **episodica** (il menù dell'ultimo pranzo di Natale; la data di nascita della mamma) o **semantica** (Mosca è la capitale della Russia; per entrare al teatro ci vuole il biglietto);
- La **memoria implicita**, che riguarda i ricordi motori automatici (scrivere a penna, andare in bicicletta) e quindi anche i riflessi condizionati. [▶65]

Ma si potrebbe aggiungere una **memoria spaziale**, relativa all'orientamento nello spazio, come la capacità di muoversi in una città

conosciuta.

La memoria a lungo termine include sia fatti recenti (la vecchia amica incontrata durante la passeggiata di stamani), che fatti lontanissimi (quell'estate in vacanza insieme). Ecco: quello fra l'amica e la vacanza è un esempio di associazione e la memoria umana funziona principalmente attraverso **meccanismi associativi**. È assai più facile ricordare un evento se lo colleghiamo a qualcosa di già noto. Non a caso i campioni di memorizzazione usano strategie associative, come il percorso dentro a un ambiente conosciuto, per riuscire a ricordare sequenze impossibili. Akira Haraguchi, settantenne ingegnere giapponese, nel

2006 ha recitato a memoria i primi 100mila decimali del Pi greco (3,1415926535 eccetera), cominciando alle 9 di mattina e terminando alle 1:28 del giorno seguente.

Ma la memoria per associazione produce anche altro: la ricostruzione multisensoriale degli eventi. Quelle due remote settimane al mare sembravano scomparse dalla memoria, fin quando l'incontro con l'amica, co-protagonista di quel film dimenticato, non ha riportato alla mente anche il caldo di quell'estate, l'odore della pineta, la paura degli esami, i mondiali di calcio alla tivù. La ricostruzione del passato tuttavia, condizionata dalle emozioni, può spesso rivelarsi alterata e talvolta

sbagliata del tutto. [▶188]

Come ogni bravo archivio, la memoria a lungo termine ha bisogno di codificare le informazioni, di immagazzinarle e di saperle andare a ritrovare. Premesso che non conosciamo gli esatti meccanismi di traduzione biochimica delle informazioni, questo intero processo ha palesemente a che fare con l'apprendimento. [▶159] E quindi, con il consolidamento delle sinapsi. [▶27, 73]

Per consolidare la memoria è necessaria la ripetizione: lo diceva la professoressa alle scuole medie e lo dice la neuroscienza. [▶159] Eppure non basta. Senza l'attenzione, ovvero senza che il cervello sia focalizzato su quel

che stiamo leggendo o ascoltando, ripetere serve a poco. [▶155] Senza una motivazione, senza la spinta interiore della curiosità o l'impatto emotivo di una futura ricompensa, come ad esempio una laurea, mantenere l'attenzione può rivelarsi arduo. [▶152]

In compenso, i ricordi tendono a imprimersi molto bene quando sono associati a uno stato emotivo forte, invariabilmente legati a episodi tristi o felici. Tutti ricordano dov'erano e cosa stavano facendo quando è arrivata la notizia degli attentati dell'11 settembre 2001. Quando l'evento è eccezionalmente forte però, la memoria può tradursi in una spiacevole sindrome da stress post-traumatico. [▶192]

All'opposto, ci sono casi di completa rimozione involontaria dalla memoria di eventi scioccanti, soprattutto se sperimentati nell'infanzia.

Infine, come si accennava, la memoria è **contestuale**, nel senso che le informazioni vengono impresse insieme alle informazioni visive, auditive e sensoriali sperimentate in contemporanea. Nel tentativo di ricordare un fatto o un dato, può essere quindi utile ricordare il contesto al quale risale: grazie al meccanismo dell'associazione, molto spesso si può ripescare l'informazione mancante.

Ma quanto è grande la memoria installata nel suo cervello? La risposta a questa fatale domanda varia fra chi

ritiene impossibile il calcolo e chi, come il professor Terry Sejnowski del Salk Institute in California, facendo un raffronto con la matematica binaria dei computer, la stima in circa un petabyte, ovvero un ragguardevole milione di gigabyte. Detto questo, non si è mai sentito parlare di qualcuno che abbia raggiunto il fondo.

C'è chi scherza dicendo che il cervello umano è l'unico contenitore al mondo dove, più liquido ci versi, più ne contiene. Eppure è proprio così, per almeno tre motivi. Perché il meccanismo associativo della memoria consente di salvare spazio, evitando molte duplicazioni. Perché conoscere più di una lingua, imparare a suonare uno

strumento o in generale usare attivamente la memoria per imprimerci cose nuove – oltre a rallentare l'invecchiamento neuronale [▶217] – migliora gradualmente le capacità di apprendimento: più liquido metti nel contenitore, più diventa facile aggiungerne altro. Infine perché apprendere, capire, approfondire, se non addirittura cambiare radicalmente idea o posizione, aggiunge per davvero qualcosa al cervello, visto che lo cambia fisicamente.

La memoria dipende proprio dalla capacità cerebrale di rimodellare continuamente le connessioni, ogni istante che passa. Si tratta di una straordinaria funzione di serie, pre-

attivata nel suo cervello ancor prima dell'acquisto. Si chiama plasticità.

4.3 PLASTICITÀ

L'anatomista piemontese Michele Vincenzo Malacarne ha fatto un esperimento un po' strano e un po' macabro. Ha allevato due cani della stessa cucciolata e alcune coppie di uccelli della stessa nidiata. Poi, con una certa dose di pazienza, ha allenato per due anni un solo animale di ogni coppia, lasciando il fratello sostanzialmente privo di stimoli. Dopodiché, ha sterminato tutti quanti. Ha sezionato le loro scatole craniche e messo a confronto i rispettivi cervelli, per vedere se presentavano differenze fra di loro.

Se Malacarne è riuscito a compiere

indisturbato l'esperimento, che oggi verrebbe quantomeno esecrato, è perché correva il lontano 1785. Un esperimento destinato a contribuire alla scienza con una preziosa informazione: gli animali che avevano ricevuto un allenamento e maggiori sollecitazioni avevano un cervelletto visibilmente più sviluppato. In altre parole, Malacarne aveva scoperto che le esperienze sensoriali cambiano *fisicamente* la struttura cerebrale. Peccato che, per quasi due secoli, nessuno abbia prestato attenzione alla sua straordinaria intuizione, che ribaltava la radicata idea della sostanziale immobilità dell'apparato cerebrale.

Non soltanto il cervello cambia.

Cambia continuamente. Basta guardare un documentario, leggere un libro, assistere a una conferenza o fare due chiacchiere al bar con gli amici: ogni nuova informazione, ogni nuova esperienza, ogni deduzione fa sì che, nel microcosmo nanoscopico dei neuroni, qualcosa si muova.

Questa straordinaria caratteristica evolutiva si chiama plasticità. Sta alla base dei sistemi integrati di memoria e apprendimento. Ce l'hanno anche gli altri animali, ma nei mammiferi, e a maggior ragione nell'*Homo sapiens*, è amplificata dalla grande corteccia cerebrale e dalla presenza di una cultura e di un linguaggio.

La plasticità aggiunge nuove

connessioni neuronali, tramite i terminali degli assoni da un lato, o la ramificazione dei dendriti e delle loro spine dall'altro. [►24] Tanto per dare un'idea, il numero delle spine, ma anche la loro forma, può cambiare nell'arco di minuti o di secondi. Aumenta o diminuisce nel giro di poche ore, in un frenetico susseguirsi di nuove e vecchie connessioni, che modificano seppur di un'inezia il cablaggio dei circuiti neuronali.

Ma c'è anche una plasticità sinaptica, che rafforza o indebolisce le connessioni fra neuroni. È stato Donald Hebb, scienziato canadese, a intuire che se due neuroni sono attivi nello stesso istante, le sinapsi che li uniscono si

rafforzano. *Neurons that fire together, wire together*, sentenzia la Regola di Hebb. I neuroni che fanno fuoco insieme, si accoppiano e rafforzano il reciproco legame. È dal lavoro di Hebb, che si è arrivati a scoprire i meccanismi del rafforzamento sinaptico, come il potenziamento a lungo termine (LTP). [►20]

Premesso che la memoria coinvolge numerose aree del cervello, le strutture fondamentali per il suo consolidamento sono i lobi temporali della corteccia, gli ippocampi e le strutture del sistema limbico collegate. Il consolidamento arriva attraverso la ripetizione. Gli ippocampi, [►52] forti delle loro molteplici diramazioni sinaptiche,

servono a smistare le informazioni in modo che possano essere associabili fra di loro. Il circuito di Papez, un *loop* neuronale di 35 centimetri che parte e ritorna agli ippocampi attraversando il sistema limbico e il lobo temporale della corteccia, [►58] era stato ritenuto centrale al meccanismo delle emozioni dal neuroanatomista statunitense James Papez. Invece oggi sappiamo che è centrale ai meccanismi della memoria: quando le associazioni generate da un evento o da un'informazione avranno fatto un po' di giri ad alta velocità lungo il circuito di Papez, si saranno fisicamente consolidate nella corteccia. Dopodiché potranno anche non aver più bisogno degli ippocampi. Ecco spiegato

perché i pazienti con una lesione a entrambi gli ippocampi sono incapaci di formare nuove memorie, ma ricordano tranquillamente il passato remoto.

Il contrario del potenziamento a lungo termine si chiama **depressione a lungo termine**, ed è appunto una riduzione nell'efficacia delle sinapsi che prelude alla dimenticanza, anch'essa parte integrante dell'apprendimento, al fine di razionalizzare i ricordi ed evitare di conservare informazioni inutili o poco utili (poi purtroppo ne distrugge anche di utili). Nell'LTP invece, col crescere dell'intensità dei segnali del neurone a monte, cresce la risposta del neurone a valle, che si rafforza. Se lei si siede a un tavolo e impara a memoria

una poesia o una canzone, quando si alza il suo cervello sarà già *leggermente* diverso.

Con la plasticità, l'Evolutione ha trovato una soluzione indispensabile alla vita per come noi la sperimentiamo. Circuiti neuronali e sinapsi si riorganizzano senza posa per consentire al cervello di imparare da tutto quel che lo circonda. In questo modo l'encefalo si libera, almeno in parte, delle restrizioni che il proprio genoma – accuratamente archiviato nel nucleo di ogni sua cellula – gli imporrebbe. Siamo esattamente all'incrocio di quel che in inglese suona come un gioco di parole: *nature vs. nurture*. Conta di più la natura imposta dal DNA o la cultura che

si stratifica con l'apprendimento dall'ambiente circostante? È una domanda insidiosa, che ha in sé implicazioni filosofiche ed etiche. C'è chi propende per la prima, chi per la seconda. Ma il bello è che – senza tema di smentita – possiamo semplicemente rispondere: contano entrambe. Anzi, per fortuna non una soltanto.

In un passato tutt'altro che remoto, si credeva che l'evoluzione cerebrale – dopo il tumultuoso sviluppo che va dall'era prenatale ai tre anni di vita – rallentasse progressivamente, fino ad arrestarsi verso la fine dell'adolescenza. Oggi invece sappiamo che, in risposta a cambiamenti nel comportamento, nell'ambiente, nel pensiero e nelle

emozioni, il cervello cambia impercettibilmente. Ma in maniera costante. Ha un'innata capacità di creare nuove connessioni, di riorganizzare i sentieri neuronali e, in casi estremi (in seguito a particolari tipi di lesioni, ad esempio), addirittura di creare nuovi neuroni.

L'idea che il carattere, il talento, le capacità siano statiche nell'arco di un'esistenza è del tutto infondata. Coltivare al contrario l'idea che il carattere si può migliorare, il talento si può coltivare, le capacità si possono accrescere e, andando avanti, che le abitudini sgradite si possono correggere o che una nuova lingua si può sempre imparare apre nuovi orizzonti ai

possessori di un cervello funzionante e intelligente come il suo.

Per le funzionalità volontarie, consulti la sezione Pannello di controllo [▶151]

Per la correzione di effetti plastici indesiderati, veda la sezione Abitudini e dipendenze [▶189]

4.4 INTELLIGENZA

Con la memoria del passato, la plasticità del presente e l'anticipazione del futuro, dal *wetware* gelatinoso del cervello emerge l'intelligenza. Ovvero, la più grandiosa e spettacolare proprietà in dotazione al suo sistema nervoso centrale di tipo *sapiens sapiens*.

Già definirla può rivelarsi complicato. Se la sintetizziamo come la capacità di percepire sensorialmente l'ambiente, di processarne le informazioni e mantenerle in serbo per future evenienze, l'intelligenza non è una prerogativa umana. Neppure dei soli primati né esclusiva dei mammiferi. Miliardi di anni di selezione della

specie hanno distribuito diversi gradi d'intelligenza su tutto l'orbe terracqueo. Ma primati e mammiferi, ai fini delle rispettive sopravvivenze, hanno saputo fare di meglio.

Dal *genus Homo* (2 milioni e mezzo di anni fa) alla specie *sapiens* (200mila), fino alla sottospecie *sapiens sapiens* (50mila), la socialità, gli utensili, il linguaggio e più tardi la scrittura hanno alzato progressivamente l'asticella fino a produrre l'immaginazione di Leonardo, l'ispirazione di Bach e la razionalità di Hegel. In altre parole, è la consecutiva capacità di comunicare-capire-imparare-inventare che ha inciso una differenza evolutiva, innescando un

circolo virtuoso che ha partorito scienza e arte, musica e filosofia.

Così, una definizione dell'intelligenza umana potrebbe includere la comprensione, l'apprendimento, la consapevolezza di sé, la creatività, la logica e la capacità di risolvere problemi in modo da adattarsi a circostanze di complessità crescente. Tuttavia, c'è chi teorizza l'esistenza di più categorie d'intelligenza, come Daniel Goleman, con la sua **intelligenza emotiva** (la capacità di leggere e interpretare le emozioni altrui), o Howard Gardner, che ne propone addirittura nove: **naturalista**, **musicale**, **logico-matematica**, **interpersonale** (che

corrisponde a quella emotiva), **intrapersonale** (il rapporto con se stessi), **linguistica**, **esistenziale**, **corporea** e **spaziale**. A questo punto, potremmo considerare parte integrante dell'intelligenza anche la coscienza, [▶127] se non fosse che il disaccordo scientifico e filosofico su come definire entrambe è talmente forte da consigliare di lasciar perdere.

Nonostante quello sgarbato senso di supremazia nei confronti degli altri animali del pianeta che ha contraddistinto l'*Homo sapiens sapiens*, sarebbe errato immaginare che l'intelligenza insita nel nostro genoma si sia ulteriormente evoluta, negli ultimi 50mila anni. Tuttavia, dalla selce usata

per incidere le tavolette, al silicio dei processori che accendono gli smartphone, il genere umano ha trovato il modo di incrementare esponenzialmente la conoscenza a sua disposizione: se nel 1468, alla morte di Gutenberg, c'erano fra le 160 e le 180 Bibbie in circolazione, attualmente vengono pubblicate circa 10 milioni di nuove pagine Web al giorno. Non si tratta di una differenza marginale.

L'intelligenza è stata oggetto di aspri dibattiti scientifici, ma soprattutto è stata strumento di disparità. Per lungo tempo associata esclusivamente al talento (il dono di natura) o alla classe sociale (l'ereditarietà), l'idea di un'intelligenza statica si è ancor più rafforzata a inizio

Novecento, con l'avvento dei test per misurare il **quoziente intellettivo (QI)**, spesso usati per alimentare pregiudizi etnici e razziali. Peccato che Alfred Binet, lo psicologo che nel 1904 sperimentò per primo il test QI nelle scuole francesi, avesse tutt'altre intenzioni e tutt'altre opinioni. Binet definiva l'intelligenza come buon senso, capacità di giudizio o «capacità di adattarsi alle circostanze». Non a caso, il suo obiettivo era insegnare agli insegnanti come aiutare i giovani cervelli in difficoltà a imparare di più e meglio.

Un secolo più tardi abbiamo le prove che il punto di vista di Binet era corretto: l'intelligenza non è una cosa

statica, inamovibile e preordinata. Una riprova viene dal cosiddetto effetto Flynn, dal nome dello scienziato che l'ha scoperto (e parzialmente ritrattato): nel secolo che intercorre dai primi test a oggi, il QI medio della popolazione è cresciuto costantemente. Più intelligenti dei nonni e dei bisnonni? Com'è possibile? Siccome il patrimonio genetico non cambia in tempi così brevi, la risposta a questo enigma – oltre a giustificare qualche dubbio sui metodi per misurare l'intelligenza – non può che risiedere nella cultura.

I nostri antenati cacciatori-raccoglitori, ben prima dell'invenzione dell'agricoltura, usavano un primitivo linguaggio, imparavano gli uni dagli altri

e organizzavano le loro società tribali su un modello cooperativo, grazie alla prominenza della loro corteccia cerebrale. [►58] I cervelli di una moderna società globalizzata, già dai primissimi anni di vita, dispongono di una grande varietà di opzioni per aggiungere conoscenza e creatività al loro equipaggiamento intellettuale. Stiamo parlando tanto di soluzioni software (la voce della tata, l'esperienza dell'asilo, i giochi con gli amici) che hardware (giocattoli, libri, computer, tablet, videogiochi), capaci di associare nuovi moduli alla versione di sistema cerebrale installata. È vero che il cervello produce la cultura. Ma è anche vero che la cultura cambia

fisicamente il cervello.

Se un tempo si credeva che l'intelligenza fosse una proprietà cerebrale statica e inamovibile, oggi sappiamo che così non è. Anzi, è dimostrato che quando l'utente di un cervello ritiene che l'intelligenza sia un prodotto monolitico del destino, può diventare vittima della “minaccia dello stereotipo”, ovvero confermare involontariamente leggende sull'inferiorità intellettuale di una razza, di una classe sociale o di un genere. [►186] Al contrario, innumerevoli studi psicologici dimostrano che se il cervello è convinto di non avere limiti, può veramente spiegare le ali.

La psicologa Carol Dweck,

professoressa emerita alla Stanford University, ha codificato e sperimentato sul campo questa soluzione. Molti bambini sono convinti che l'intelligenza e il talento non si possano espandere (quel che lei chiama "mentalità fissa", *fixed mindset*), ma se viene in loro incoraggiata la transizione verso una "mentalità orientata alla crescita" (*growth mindset*), i risultati educativi possono essere sorprendenti. Secondo Dweck, una *fixed mindset* ritiene impossibile sfuggire alle briglie del talento – "o ce l'hai o non ce l'hai" pensa – e, più o meno inconsciamente, interpreta lo sforzo di imparare come qualcosa di inutile, oltre che faticoso. Usando più di una leva psicologica, ad

esempio cambiando il sistema di valutazione da sufficiente/insufficiente a “ce l’hai fatta”/“non ancora”, si favorisce un approccio dinamico all’apprendimento. In altre parole, è dimostrato che la transizione verso una *growth mindset* è possibile. [►159]

Così, il cervello diventa più intelligente se crede di poter diventare più intelligente. La regola, ovviamente, non interessa soltanto l’infanzia, ma qualsiasi età cerebrale.

Ma quali sono i limiti all’intelligenza? Riuscirà il genere umano ad aumentare la potenza intellettuale della specie senza le lungaggini dell’Evoluzione naturale? Oppure l’evoluzione dell’intelligenza

osservata su questo pianeta – dai sistemi nervosi primordiali fino al ragionamento astratto – è arrivata al capolinea?

L'Evoluzione ha prodotto numerosi esemplari di intelligenza, dai cani ai topi, dai delfini agli uomini, e sembra praticamente certo che gli umani saranno in grado di replicare il processo. Semplicemente assumendo che il progresso tecnologico e scientifico vada avanti a buon ritmo e per lungo tempo, la futura costruzione di una macchina con un livello di intelligenza “umano” è sostanzialmente inevitabile. C'è chi dice entro il 2050, chi prima. Anche se fosse dieci anni più tardi, sembra che l'evoluzione dell'intelligenza non sia destinata ad arrestarsi con l'*Homo*

sapiens sapiens, ma a continuare sotto forma di elettronica dello stato solido. Un po' come se l'umanità passasse il testimone dell'intelligenza agli algoritmi. [►233]

Beh, mica detto. Con l'avanzamento scientifico in corso, non è assurdo immaginare una futura convergenza fra l'intelligenza biologica e quella digitale. Qualcosa di molto più spinto dell'attuale tendenza alla "realtà aumentata" ma che va nella stessa direzione, come ad esempio dei chip neuronali interfacciati direttamente al cervello. [►226] Nel frattempo, con i passi da gigante che stanno facendo le tecnologie per trascrivere il genoma, sarà inevitabile andare a cercare anche

quei pochi geni (l'1,2% del totale) che distinguono il genoma umano da quello di uno scimpanzé. E i progressi nelle tecnologie per la correzione genetica (come la potente CRISPR-cas9, che consente di fare il copia-e-incolla delle informazioni cromosomiche) preludono ai futuribili tentativi di correggere e amplificare quei geni. [►230]

L'evoluzione dell'intelligenza non è certo finita qui.



5.0 **INSTALLAZIONI**

Il suo cervello le viene consegnato pre-installato. Non c'è quindi bisogno di complessi collegamenti o settaggi per farlo funzionare. Tuttavia, richiede una certa cura nella fase di avvio, che si estende ai primi anni di vita, nonché nella manutenzione.

Per un corretto funzionamento, è bene prendersi cura sin dall'inizio della qualità del rifornimento energetico (comunemente conosciuto come cibo), degli indispensabili cicli di recupero e assestamento (il sonno) e dell'efficienza di tutte le periferiche meccaniche (l'esercizio fisico).

Le ricordiamo che il prodotto le viene offerto non coperto da alcuna garanzia. [▶239]

Per le funzionalità volontarie, consulti la sezione Pannello di controllo [▶151]

Per le funzionalità involontarie o semivolontarie, veda la sezione Operatività [▶99]

5.1 PRIMA DELL'AVVIO

È un evento straordinario e ordinario al tempo stesso. È meraviglioso e misterioso. È quasi perfetto, ma imperfettibile. È l'assemblaggio del cervello, il processo lungo nove mesi che precede l'avvio della macchina più bella e complicata del mondo.

Tre settimane dopo l'inizio dei lavori, quando la fabbrica materna non è neppure informata di quel che sta accadendo, alcune cellule staminali cominciano già a riprodursi e a differenziarsi. Sono le cellule dell'**ectoderma**, il più esterno degli strati germinali che compongono il piccolissimo embrione, pronte a

specializzarsi: possono diventare le progenitrici della pelle, dello smalto dei denti oppure dei neuroni. In quest'ultimo caso, il neuroectoderma si riorganizza per costituire il cosiddetto **tubo neurale**: in pratica, la fabbrica dei neuroni.

La catena di montaggio è già in moto. I nuovi neuroni cominciano a migrare verso la destinazione finale che, misteriosamente, conoscono: seppur all'interno di un embrione di pochi centimetri, alle loro dimensioni (circa 0,4 micron, milionesimi di metro), si tratta di un viaggio lunghissimo. Dopodiché, una volta arrivati a destinazione, iniziano ad assumere le

proprietà tipiche di quella precisa zona cerebrale. Sviluppano i dendriti e anche l'assone, che preludono alle prime sinapsi.

Dopo altre due settimane, i neuroni nascono all'impressionante velocità di 250mila nuove cellule al minuto. Nuove connessioni si formano al ritmo di centinaia di milioni al minuto. E la migrazione, che deve percorrere distanze crescenti perché l'intera struttura è lievitata, assume i toni di una diaspora biblica. Eppure, nonostante il traffico da ora di punta, ogni neurone sa esattamente dove andare, cosa fare e cosa diventare: è tutto scritto nelle specifiche istruzioni per costruire l'individuo in via di assemblaggio,

conservate nel DNA di ogni cellula.

Alla fine dei nove mesi, la differenziazione cellulare avrà prodotto un essere umano in miniatura, con un piccolo fegato, un piccolo cuore, due piccoli polmoni. Ma con un cervello che ha quasi già tutte e pronte le 80-90 miliardi di cellule neuronali che gli serviranno per il resto della vita. Nei successivi 18 o 20 anni, i neuroni cresceranno di dimensione, insieme agli assoni mielinati [▶25] e alla popolazione delle cellule gliali. [▶36] Ma il loro numero non aumenterà mai. Semmai, col passare del tempo, diminuirà. [▶205]

Lo sviluppo neuronale viene solitamente diviso in due parti. Nella prima, sono in funzione i meccanismi

indipendenti dall'attività sensoriale: è giustappunto la fase di assemblaggio, governata dalla fabbrica biologica (il cibo, il sonno, l'esercizio fisico e le emozioni della mamma), ma soprattutto dalle istruzioni del DNA. In poche parole, è la *natura*. Nella seconda, altrettanto cruciale, lo sviluppo dipende invece dall'attivazione dei meccanismi sensoriali al momento stesso della nascita. È l'esperienza diretta con il mondo – tattile e visiva, uditiva e sensitiva – che aggiunge, modifica o elimina le sinapsi che distinguono un essere umano da ogni altro. In poche parole, è la *cultura*.

5.2 AVVIO

Nel momento in cui il cervello nuovo di zecca si stacca dal cordone ombelicale e comincia la sua personale avventura, si scatena una tempesta sensoriale. Un copioso numero di fotoni raggiunge le cellule nervose della retina, che inviano impulsi all'area visiva primaria del lobo occipitale. [▶64] La voce materna produce onde sonore che, una volta raggiunto l'orecchio interno, vengono convertite in segnali elettrochimici da spedire alla corteccia uditiva, situata nel lobo temporale. [▶62] Per effetto delle informazioni che arrivano dagli organi di senso, i neuroni cominciano a moltiplicare le sinapsi [▶27]: a monte, i

dendriti [▶24] si collegano ai terminali assonici di altre cellule nervose; a valle, gli assoni [▶25] si collegano ad altri dendriti. È il capolavoro della plasticità cerebrale. [▶73]

Poiché la plasticità garantisce il processo dell'apprendimento anche in età adulta, è logico immaginare che, col passare degli anni, a forza di assorbire conoscenza, il numero delle connessioni sinaptiche raggiunga i valori massimi. Giusto? Sbagliato.

Il cervello prosegue nell'attività di neurogenesi – la fabbricazione di nuovi neuroni – solo fino ai primissimi mesi di vita, ma è intorno ai tre anni di età che esibisce il massimo numero di sinapsi. Secondo alcune stime, un bambino di tre

anni ha circa un milione di miliardi di connessioni: ogni neurone è mediamente collegato ad altri 15mila. Un adulto ne ha circa la metà. È una curiosa scelta dell'Evoluzione che, invece di sommare le connessioni, ha trovato preferibile scegliere la ridondanza, per poi fare le sottrazioni.

Questo processo si chiama **potatura sinaptica**. Proprio come fanno i giardinieri con alberi e cespugli, il cervello ha un proprio sistema per tagliare le connessioni inutilizzate e, al tempo stesso, per rafforzare quelle che vengono eccitate regolarmente. Questa monumentale riorganizzazione va avanti per parecchi anni, almeno fino alla fine dell'adolescenza, e riguarda anche i

neuroni che, quando non ricevono o non inviano informazioni, non hanno più motivo di esistere e muoiono.

La plasticità cerebrale permette di riorganizzare neuroni e sinapsi in caso di lesioni o perdita di un senso, il che spiega la ricca esperienza uditiva e tattile di chi non possiede la vista. E, anche nell'età adulta, modifiche strutturali su ben più piccola scala consentono il processo dell'apprendimento. Ma è subito dopo la nascita, che gli input dall'esterno diventano cruciali per modellare il cervello di un essere umano nuovo di zecca.

Ora, la supremazia cerebrale dell'*Homo sapiens* dipende dalle

dimensioni del cervello (che non è il più grande in natura, ma il più grande in rapporto al peso corporeo) e dalla prominenza di una corteccia cerebrale, quella del lobo frontale in particolare, dedicata a funzioni complesse come il pensiero astratto, il linguaggio, l'empatia e la moralità.

Su questo pianeta nessun'altra specie ha un'infanzia e un'adolescenza altrettanto lunghe, che palesemente servono a costruire l'architettura dell'intelligenza, della coscienza, della percezione di sé. [►129] Le dimensioni cerebrali, lo sviluppo della corteccia e la lunga infanzia sono strettamente interrelate. Dal punto di vista evolutivo, è stata la capacità di creare la cultura a

favorire lo sviluppo di un cervello efficiente, con una corteccia capace di funzioni che solo una lunga fase di costruzione può rendere sufficientemente complesse.

Come risultato, l'ambiente e l'interazione sociale dopo la nascita determinano la qualità della macchina cerebrale umana, almeno quanto i cromosomi prima del parto. I cuccioli della razza umana hanno bisogno di molte, molte più attenzioni dei cuccioli di qualunque altra specie.

Da millenni e millenni, donne e uomini allevano bambini. Ma solo negli ultimi decenni, la scienza è entrata nel dettaglio di questo processo che a conti fatti disegna, generazione dopo

generazione, una civiltà umana in costante cambiamento. Oltre alla plasticità sinaptica, la scoperta più importante riguarda lo sviluppo dei circuiti cerebrali durante particolari fasi di sviluppo, chiamate “periodi critici”.

[▶159]

Le fondamenta delle strutture cerebrali deputate a vista e udito vengono gettate due mesi dopo la nascita. Quelle relative al linguaggio e alla parola, intorno al settimo mese. La base per le funzioni cognitive più complesse, invece, viene costruita sinapticamente intorno ai due anni. C'è una gerarchia nello sviluppo dei circuiti neuronali, perché ogni cervello matura con sequenze e tempi diversi. Nel caso

della vista, ad esempio, le aree che analizzano colori, forme e movimento si completano per prime, per poi dare spazio a funzioni più complesse come il riconoscimento di un volto o il significato della sua espressione. Oggi la scienza ci dice che ci sono enormi opportunità, nello sfruttare i periodi critici. Per quanto riguarda i rischi, invece, a illuminarci può bastare la storia.

Federico II, imperatore del Sacro Romano Impero, parlava fluentemente sei lingue. Appassionato di scienza e di conoscenza, si chiedeva quale fosse la lingua originaria degli uomini, quella ancestralmente insegnata a Eva e Adamo. Così, decide di fare un radicale

esperimento: fa allevare in isolamento un gruppo di neonati, senza che nessuno, neppure chi li nutre, dica loro una parola. Il risultato è immaginabile: né una lingua ancestrale, né nessun'altra, verrà mai parlata da quei giovanissimi malcapitati.

Una macchina cerebrale complessa, come quella umana, va avviata con molta cura e attenzione. Affinché il progetto scritto nei suoi geni si esprima compiutamente, c'è bisogno di un ambiente adeguato e di esperienze appropriate. L'ambiente include l'assunzione di corretti nutrienti privi di tossine (anche durante i famosi nove mesi e durante l'allattamento), nonché di un ambiente sociale sano e non troppo

stressante. L'esperienza sensoriale, che comincia soffusa nel grembo materno, diventa esplosiva quando includerà la vista di un sorriso, l'ascolto di una voce, il gusto e il profumo del latte, il calore di un abbraccio e via dicendo, lungo il naturale dispiego delle fasi di sviluppo attraverso i periodi critici. Però una cosa appare chiara: i cardini dell'architettura cerebrale vengono piantati prima ancora che un bambino vada a scuola.

I tempi e la cultura influenzano anche il modo di allevare le nuove generazioni. A inizio Novecento, molti secoli dopo i folli esperimenti di Federico II, nessuno prestava una così grande attenzione alla crescita cerebrale

dei bambini, che semplicemente “crescevano”, rafforzando implicitamente la separazione sociale fra chi aveva le opportunità di stimolare lo sviluppo del proprio cervello – leggendo, viaggiando, andando a teatro – e chi no. Oggi, all’opposto, c’è chi sostiene che i periodi critici dello sviluppo cerebrale si esauriscano entro i primi tre anni di vita.

Resta il fatto che la stragrande maggioranza dei sistemi scolastici non tiene assolutamente conto di queste, tutto sommato recenti, scoperte delle scienze cognitive. Se così fosse, ad esempio, il serio apprendimento di una seconda lingua comincerebbe all’asilo, non più tardi.

5.3 REQUISITI ENERGETICI

Un cervello umano pesa circa un chilo e 4 etti. In percentuale, rappresenta circa il 2% del peso corporeo. Eppure, consuma il 20-24% del metabolismo basale, il dispendio energetico di un organismo a riposo. Ancorché si tratti di una misura che varia a seconda delle dimensioni corporee, dell'età, del sesso e dello stato di salute, si potrebbe dire che il cervello è affamato di energia.

Tuttavia, se assumiamo un **metabolismo basale** di 1300 chilocalorie, nell'arco della giornata fanno poco più di 56 calorie all'ora,

pari a 63 watt/ora. Il 20% di 63 watt è 12,6 watt, quindi il consumo cerebrale è ben al di sotto di una vecchia lampadina a incandescenza. Si dice che Watson, il supercomputer della IBM che nel 2003 ha battuto i campioni umani di Jeopardy!, un gioco a quiz americano linguisticamente arduo, di watt/ora ne consumasse 80mila. [►233] Dunque, si potrebbe dire che il cervello è energeticamente efficiente.

Il metabolismo delle cellule della memoria e dell'intelligenza richiede l'immissione di nutrienti, lunghe fasi di riposo e brevi fasi di movimento. Ogni utente, anche sulla scorta delle più recenti scoperte scientifiche, deve ricordarsi di fare tutto questo,

giustappunto, con intelligenza.

5.3.1 Alimentazione

C'è un curioso legame, fra il mondo vegetale e il nostro mondo cerebrale. Entrambi si nutrono di glucosio.

Le piante sfruttano l'energia dei fotoni che piovono dal sole per riorganizzare gli atomi di sei molecole di anidride carbonica prelevate dall'aria e dodici di acqua prelevate dal terreno, in modo da produrre (insieme ad acqua e ossigeno di scarto) una molecola di glucosio, uno zucchero che alimenta la pianta e che viene convertito in una riserva energetica composta da catene

più lunghe di carboidrati.

Il cervello, praticamente, si nutre solo di glucosio. Con un processo inverso alla fotosintesi, il glucosio viene sintetizzato dai carboidrati ingeriti e trasportato dalla circolazione sanguigna al di là della barriera emato-encefalica, [▶40] dove provvede a fornire un flusso continuo di energia ai neuroni. Grazie a una reazione chimica che necessita di ossigeno, il glucosio viene convertito in ATP, o adenosina trifosfato, la molecola che trasporta alle cellule l'energia chimica necessaria al metabolismo.

Il consumo energetico del cervello – circa 120 grammi di glucosio al giorno – è sostanzialmente stabile durante le ventiquattr'ore, ma le regioni attive

della corteccia bruciano un po' più energia di quelle inattive. È grazie a queste impercettibili variazioni, se siamo oggi in grado di studiare le funzioni cerebrali in tempo reale, con le tecnologie PET o fMRI. [►226]

L'eccezione arriva dopo un lungo digiuno. Il cervello conserva solo modeste riserve energetiche e, quando il glucosio non è più disponibile, prolunga il funzionamento (e la propria sopravvivenza) usando un carburante alternativo. In particolare, sfrutta l'energia dei cosiddetti corpi chetonici, molecole idrosolubili che vengono sintetizzate dal fegato su richiesta, quando la spia della riserva di glucosio lampeggia. Ma è bene che non lampeggi

troppo a lungo: l'ipoglicemia (la mancanza di glucosio) può produrre la perdita di conoscenza, e anche di peggio.

Verrebbe da pensare che più zuccheri uno mangia, più il cervello è soddisfatto. Da un lato, abbiamo la sensazione che sia vero: non appena i recettori dolci della lingua si tuffano in un bel gelato al cioccolato, il cervello rilascia endorfine e dopamina [►32] che inducono un senso di benessere nel suo proprietario. Ma da un altro lato, è totalmente falso.

Mangiando un piatto particolarmente appetitoso, i livelli di dopamina che solleticano il sistema della ricompensa [►140] si alzano vertiginosamente. Se

però lo stesso piatto viene riproposto per cinque giorni, pranzo e cena, i picchi di dopamina si abbassano progressivamente. Il cervello, in altre parole, incoraggia il proprio utente a essere onnivoro, a ingerire cibi sempre diversi che possano rifornire il corpo di tutti i macro e micronutrienti di cui ha bisogno. Invece, anche mangiando dolci a ripetizione i livelli di dopamina non danno segni di flessione. E chi si abitua troppo al benessere dello zucchero può finire per sentirne spesso il desiderio. Si chiama assuefazione. [►189]

In realtà, ci sono carboidrati e carboidrati. Quelli complessi, che si trovano negli alimenti naturali vegetali (e nel latte), hanno lunghe catene di

zuccheri, che durante la digestione si dividono gradualmente per produrre il glucosio che entra nel sistema circolatorio un po' alla volta, come se fossero pillole a lento rilascio. Quelli semplici, che si trovano nei grani raffinati e nei cibi industriali, sono composti da catene più brevi, che si separano rapidamente ed entrano in circolo immediatamente, come se fossero delle iniezioni. Il guaio è che, se c'è troppo glucosio in circolo, il pancreas produce subito insulina, che incoraggia tutte le cellule del corpo a immagazzinare glucosio per future necessità. Tutte fuorché i neuroni che, uniche cellule non dotate di un magazzino, si trovano all'improvviso

con un'instabile fornitura di glucosio.

È così che si generano piccoli o grandi intoppi nel ricordare le informazioni, processare le idee, gestire gli umori. I carboidrati, che sotto forma di glucosio sono il combustibile dell'intelligenza, sotto forma di carboidrati semplici diventano, ad alte dosi, il combustibile dello stordimento.*

«La nostra ricerca – dice Fernando Gomez-Pinilla, professore dell'UCLA (University of California, Los Angeles) – dimostra che il modo di pensare è influenzato da quel che uno mangia». In un esperimento con i topi, ha visto che «una dieta prolungata con molto fruttosio altera l'abilità del cervello di apprendere e di memorizzare». Per dirla

in altre parole, le abitudini alimentari determinano il grado di salute e di efficienza del cervello. Quando i livelli di glucosio sono troppo bassi, processi psicologici come l'autocontrollo [▶170] o il *decision-making* [▶167] risultano compromessi. Ma quando sono troppo alti, l'intero sistema viene rallentato. Altri cibi possono annebbiare la mente, con smemoratezze e difficoltà di concentrazione. Nel cervello di chi è intollerante al lattosio, ad esempio, il consumo di latticini induce spesso una "nebbia" mentale.

Gomez-Pinilla e il suo team hanno fatto un altro esperimento. Ad alcuni topi, oltre a dosi massicce di fruttosio, hanno somministrato acidi grassi omega-

3, che si trovano comunemente nel salmone, nelle noci e nei semi di lino, e osservato che «aiutano a minimizzare i danni», contrastando gli effetti dei troppi zuccheri.

Negli ultimi anni, si è parlato degli omega-3 come se avessero proprietà quasi taumaturgiche: dalla cura del cancro e delle malattie cardiovascolari, a quella dell'autismo e della depressione. Tuttavia, mentre per tumori e infarti non abbiamo prove significative, per il funzionamento cerebrale ci sono studi incoraggianti, e più o meno conclusivi, sul loro effetto positivo sui processi cognitivi di un cervello in fase d'invecchiamento, fino a quello sui cervelli giovani che soffrono

di deficit di attenzione [▶155] o di comportamenti aggressivi. Nel loro complesso però, sono risultati più che sufficienti per suggerire a tutti il consumo abituale di salmone, ma soprattutto di altri pesci di acqua fredda e più piccoli, come aringhe, acciughe e sgombri, che contengono più EPA e DHA (due diversi tipi di grassi acidi) e meno metalli (come il temibile mercurio). Ne viene consigliato il consumo anche alle madri, durante il periodo di gestazione.

Il cervello è l'organo metabolicamente più attivo che lei ha. Se consuma così tanta energia è perché deve riciclare continuamente i neurotrasmettitori, nonché ristabilire i

gradienti ionici dei neuroni dopo che hanno “fatto fuoco” a mitraglia, a intervalli di pochi millisecondi. Ecco perché diventa così vulnerabile, quando le risorse energetiche sono al lumicino.

Il legame fra il mondo vegetale e il nostro mondo cerebrale ha un che di straordinario. Il Sole, il grande reattore nucleare al centro del sistema planetario, spedisce ogni giorno sulla Terra l'energia necessaria a sostenere tutto quanto. Dalla fotosintesi, al pensiero.

Per i consigli pratici, consulti la sezione Raccomandazioni [►96]

5.3.2 **Sonno**

La lampadina elettrica ha radicalmente cambiato il mondo. Per accorgersene, basta visitare un villaggio africano senza elettricità e scoprire, magari con sorpresa, che non si può leggere dopo il tramonto, se non accanto a una fiamma tremolante. L'invenzione di Thomas Alva Edison ha consentito a miliardi di persone di spendere tutte le ventiquattr'ore a proprio piacimento, vivendo la notte esperienze cerebrali che i loro antenati potevano vivere solo di giorno. Unica controindicazione: la luce artificiale ha spezzato il sonno.

Il sonno è un'evidente perdita di coscienza, è una specie di interruttore d e l *cogito-ergo-sum*: dormendo, la percezione sensoriale del mondo viene

inibita. Continua a funzionare, ma è come se fosse in *stand-by*. Anche i muscoli volontari si assopiscono, in un'esperienza la cui dolcezza è decantata dai poeti, e benedetta da chiunque arrivi stremato sul letto, magari con il jet-lag.

Il sonno però – evolutivamente così antico che lo condividiamo con mammiferi, uccelli, rettili e pesci – è diventato talvolta un optional, talvolta una scocciatura, proprio grazie alla lampadina. «Il sonno è una folle perdita di tempo e un'eredità dei tempi delle caverne», proclamava Thomas Alva Edison, fiero della propria iperattività (e con qualche conflitto di interessi, nella sua veste di fondatore della Edison

Electric Light Company). Oggi, un secolo e mezzo più tardi, personaggi politici e amministratori delegati si vantano pubblicamente di dormire quattro o cinque ore per notte. In realtà, a fronte di questa esibizione cerebro-muscolare, cittadini e azionisti dovrebbero preoccuparsi. Il cervello non funziona bene, se privato del sonno.

Ma perché ci addormentiamo? Un'ardua domanda, per il semplice motivo che ci sono troppe teorie in circolazione. Sappiamo con certezza che, se privato del sonno, un cervello funziona peggio, compie errori, è irritabile, è meno creativo e, se la privazione arriva agli estremi, c'è

un'estrema conseguenza: muore.

C'è l'idea che il sonno serva a conservare energia, ma non è troppo convincente perché il risparmio di calorie durante il sonno è modesto. C'è l'idea che, nell'Evoluzione, sia servito a funzioni di protezione e sicurezza, ma fa a pugni col fatto che durante il sonno siamo inermi. Sicuramente esiste un effetto di risanamento fisico: è addirittura dimostrato che il sonno accelera la cicatrizzazione delle ferite e rafforza il sistema immunitario. Le scoperte degli ultimi anni, tuttavia, documentano che il sonno serve prima di tutto a fare pulizia, ristrutturando la memoria a lungo e a breve termine, [▶69] quindi contribuendo al processo

dell'apprendimento. [▶159] Tuttavia, secondo un recente studio, serve anche a ripulire letteralmente il cervello da dannose tossine, attraverso una sorta di apparato idraulico, battezzato **sistema glinfatico** (perché coinvolge le cellule gliali [▶36] e assomiglia al sistema linfatico), capace di sciacquare via molecole altamente indesiderate, come il peptide beta-amiloide, che si riscontra in grandi quantità nei casi di Alzheimer. «Gli accumuli di beta-amiloide producono meno sonno profondo e quindi peggiorano la memoria», si legge nello studio. «Meno sonno profondo una persona sperimenta, meno il suo cervello è capace di ripulirsi da questa proteina nefasta».

In ogni caso, con il sapere collezionato negli ultimi decenni anche grazie alle moderne tecnologie, l'idea dell'apparente inutilità del sonno è stata del tutto smontata. Non è vero che durante il sonno il cervello non lavori. Sotto molti aspetti, lavora di più. L'elettroencefalografia, la tecnologia che registra l'attività elettrica del cervello, è stata inventata negli anni venti del Novecento. Eppure, è solo negli anni cinquanta che gli scienziati, usandola, hanno avuto la riprova che il sonno non sia un fenomeno indistintamente omogeneo, ma si dipani lungo una precisa sequenza di fasi alternate.

Lei è a letto e sta leggendo un libro.

È assai probabile che le onde cerebrali che le attraversano l'encefalo siano Beta. Poi si toglie gli occhiali e spegne la luce: il ritmo rallenta producendo le caratteristiche onde Alpha. Pian piano la stanchezza si fa sentire e le onde Theta abbassano sempre di più il ritmo fin quando non diventano Delta e il sonno è profondo.

Mica è finita qui. In cicli di circa 90 minuti, le onde si alternano fra l'immobilismo assoluto delle onde Delta e la vivacità di quelle Theta, con gli occhi che si muovono vertiginosamente. È il **sonno REM** (*rapid eye movement*), la fase più peculiare del nostro dormire. Se non altro, perché è qui che si sperimentano i sogni più vividi. Il

cervello è in piena attività, un po' come se fosse in platea al cinema.

Quando parlando del sonno si passa al sogno, le cose si complicano ulteriormente. Prima di tutto perché non c'è consenso scientifico neppure su cosa sia la fase onirica e a cosa serva. Poi perché al sogno, a cominciare dagli antichi egiziani che lo ritenevano un messaggio degli dei, vengono a volte attribuite funzioni subconsce (Sigmund Freud lo riteneva «la strada maestra per l'inconscio»), metafisiche (il contatto con il sovrannaturale, le premonizioni) e paranormali (le comunicazioni con l'aldilà).

Di sicuro sappiamo che, oltre ai sogni, anche i sognatori sono

completamente diversi gli uni dagli altri. C'è chi ricorda spesso i sogni, e chi quasi mai. Ma poi li dimentichiamo quasi tutti, perlopiù perché noiosi. La maggior parte delle persone li vede a colori, ma qualcuno in bianco e nero come nelle tivù di una volta. Chi è cieco dalla nascita ha un'attività onirica con esperienze uditive, tattili e olfattive più sviluppate del normale, ma chi ha perso la vista, anche da giovanissimo, può vedere in sogno anche le immagini. Pare che i sogni negativi e ansiogeni siano nettamente più frequenti di quelli felici. E sappiamo che non è vero, come si è creduto per un certo periodo, che i sogni siano un'esclusiva della fase REM del sonno: sebbene più raramente, è

possibile sognare anche nelle tre fasi non-REM. Ma è ovvio che una qualche relazione positiva fra sonno e sogno debba esserci, quantomeno nel consolidamento e nella ristrutturazione della memoria.

È dimostrato che il sonno REM e i sogni abbiano un preciso ruolo nel riaggiustare le memorie immagazzinate, rimuovendo sinapsi ridondanti o non necessarie, per conservare le informazioni importanti e cancellare quelle inutili.

Anche nelle culture umane, il sonno assume contorni diversi. Un esempio perfetto è l'*inemuri*, il sonnellino che i giapponesi schiacciano sul posto di lavoro: un po' per ristorarsi, un po' per

far vedere ai superiori che lavorano fino allo stremo. In qualunque ufficio, in Europa o in America, un simile comportamento risulta esecrabile: in Giappone è un *plus*. In ogni caso, insieme al mito spagnolo della siesta, è dimostrato che un breve sonno durante il giorno è assai benefico. C'è chi teorizza i fondamenti scientifici del *power nap* – il pisolino che dà forza – a patto che duri poco (10-20 minuti) ed eviti di scivolare nel sonno profondo.

Si narra che Leonardo da Vinci, Isaac Newton e Nikola Tesla dormissero poco e usassero il pisolino, e il sonno in generale, come una risorsa per alimentare la propria creatività. [►164] Dmitrij Mendeleev immaginò la

struttura e la disposizione della Tavola periodica degli elementi mentre dormiva sulla sedia del laboratorio.

Nessuno vorrebbe mai più vivere in un mondo senza l'illuminazione elettrica, che ha moltiplicato le esperienze neuronali notturne. Ma la biologia del suo cervello non è cambiata: la cosa migliore che può fare di notte, è dormire.

Per i consigli pratici, consulti la sezione Raccomandazioni [►96]

5.3.3 Esercizio fisico

Lo sanno tutti che *mens sana in corpore sano*. Le parole vergate da Giovenale

nelle sue *Satire* sono talmente famose da essere entrate fra i modi di dire della lingua italiana. Perché è ovvio che la mente sta bene, quando anche il corpo sta bene.

Peccato che, a detta degli studiosi, l'intento del poeta latino del primo secolo d.C. fosse tutt'altro. Con *orandum est ut sit mens sana in corpore sano* («bisogna chiedere agli dei che la mente sia sana nel corpo sano»), intendeva dire che dovremmo aspirare solo alla salute della mente e alla salute del corpo, evitando di rivolgersi alle divinità per faccende mondane come la ricchezza e l'onore.

Il fatto curioso è che quel motto, ormai indelebile, è stato interpretato nel

tempo a favore della supremazia della *mens*, del *corpore* o dello stretto legame di interrelazione fra i due. Col passare degli anni, quest'ultima appare come la migliore interpretazione, non tanto della filologia poetica, quanto dell'intuizione popolare: la mente e il corpo che la porta in giro per il mondo sono una cosa sola.

Se è vero che c'è bisogno di sforzi (e di riposi) costanti per costruire una struttura sinaptica elastica, avvezza all'apprendimento e alla memorizzazione – il perfetto emblema di una *mens sana* – il cervello necessita anche che il corpo venga esercitato adeguatamente, per ottenere una serie di effetti biochimici a cascata.

È ormai dimostrato che regolari attività aerobiche (come la corsa, il nuoto, il canottaggio, la bicicletta, la camminata veloce, ma anche la danza) comportino una serie di benefici cerebrali, nel breve e nel lungo periodo.

Nel breve, l'esercizio aerobico aumenta il battito cardiaco (e quindi irrorà il cervello con più ossigeno) e aiuta ad alleviare lo stress (che al cervello non fa decisamente bene), [►192] incoraggiando il rilascio di molecole salutari al benessere psicofisico, decisamente antidepressive. Assomigliano a un catalogo di droghe, ancorché legali: la beta-endorfina (un oppiaceo), la feniletilammina (uno stimolante) e l'anandamide (un

cannabinoide). Quest'ultimo in particolare, il cui nome viene dal sanscrito *ananda*, che vuol dire “gioia” o “beatitudine”, ha un ruolo nella sensazione di euforia che sperimenta chi pratica la corsa abitualmente, anche chiamata “lo sballo del corridore”. Non a caso, non sono rare le moderate crisi di astinenza dalla corsa.

Nel lungo periodo, però, l'esercizio fisico regala alla mente il meglio di sé. Numerosi *paper* scientifici supportano l'idea che l'attività aerobica costante contribuisca positivamente alla memoria operativa, alla memoria spaziale e a quella dichiarativa; che migliori la capacità di attenzione e la flessibilità cognitiva, nota al giorno d'oggi come

multitasking.

L'esercizio fisico, in risposta alle spinte evolutive che hanno disegnato il corpo e la mente dell'*Homo sapiens*, contribuisce alla plasticità cerebrale e anche alla crescita e alla sopravvivenza dei neuroni. A patto che l'attività aerobica sia prolungata nel tempo, si riscontra un allargamento della materia grigia in diverse aree del cervello, ma soprattutto nella corteccia prefrontale [►58] e negli ippocampi, [►52] associati alle funzioni esecutive del cervello. Ovvero quelle che fanno la differenza.

Almeno per una volta, non ci sono problemi di consenso scientifico: la gallina dell'esercizio fisico produce l'uovo del benessere cerebrale. Ma chi

è nato prima, l'uovo o la gallina?

È stata avanzata l'ipotesi che 2 milioni di anni fa, quando i nostri lontani antenati cambiarono il loro stile di vita diventando cacciatori-raccoglitori, ebbero bisogno di una grande mole di attività aerobica in più. Non sui *tapis roulant* delle palestre, ma nelle foreste a rincorrer prede. Oltre al cambio di dieta, che a quel punto includeva molte proteine animali in più rispetto al passato, c'è qualche evidenza che l'esercizio fisico abbia contribuito alla sostanziale crescita della massa cerebrale, e della corteccia in particolare, migliorando progressivamente anche le funzionalità cognitive.

È comunque una riprova di come la *mens* e il *corpore* siano legati indissolubilmente.

Per i consigli pratici, consulti la sezione Raccomandazioni [►96]

5.4 RACCOMANDAZIONI

Una giusta alimentazione, il sonno e l'esercizio fisico sono i tre requisiti energetici fondamentali per il corretto funzionamento del suo encefalo. Ma c'è qualcosa di più. Hanno tutti e tre la potenzialità di modificare la salute cerebrale e la capacità cognitiva.

L'approccio al cibo, al sonno e allo sport varia da paese a paese, e col passare del tempo. Anche la scienza ha cambiato spesso idea ma, a forza di errori e di tentativi, colleziona un numero sempre maggiore di certezze. Riportiamo qui alcune raccomandazioni ritenute valide nell'epoca corrente, e in qualche caso solo figlie del buon senso.

Per un corretto funzionamento, il suo cervello deve sapere che cibo, sonno e movimento apportano molecole endogene (prodotte fuori dal corpo) e molecole esogene (prodotte internamente), fondamentali per sviluppare, nutrire e dare energia alla macchina che è.

Alimentazione	Sonno	Ese
<p>La raccomandazione standard è rifornire l'apparato digerente con una dieta varia e bilanciata, con molta frutta e</p>	<p>La raccomandazione standard è di dormire otto ore a notte, non meno di sette. I bambini e (se ci riescono) gli adolescenti</p>	<p>raccom s' m € ; moc tu Alm</p>

<p>verdura e pochissima carne rossa.</p>	<p>dovrebbero dormire nove.</p>	<p>total e s</p>
<p>Il fabbisogno di glucosio è completato da altri carboidrati come il pane integrale, ma non dagli snack dolci, che non apportano gli zuccheri giusti per il funzionamento della macchina.</p>	<p>Se ci sono problemi a dormire, è bene assecondare il ritmo circadiano: evitare di esporsi a luci troppo forti la sera e, se possibile, andare a dormire alla stessa ora.</p>	<p>Ca pass suffi an cc ca bicic o lav gi p</p>
<p>Da pochi anni viene data grande importanza al</p>	<p>Se ci sono problemi ad addormentarsi, alla sera una</p>	<p>L a con: lungo</p>

ruolo degli acidi grassi. L'omega-3, che si trova nel salmone e in altri pesci di acqua fredda, nelle noci e nei semi di lino, viene suggerito in numerosi casi, incluso

l'invecchiamento.

cena troppo abbondante, ma anche caffè, alcool e sigarette, interferiscono negativamente con il sonno. Buio, silenzio e un buon materasso, invece, sono di aiuto.

antic
ne
eu
Fa
pro
i
enc
ass
un
s
o
ca

Occorre bere acqua perché un'abbondante idratazione serve al corretto funzionamento del cervello.

Un pisolino di non oltre venti minuti a metà giornata ha effetti benefici sul sistema cognitivo.

L
a
aum
ca
cor
l'a
os

<p>Il suo cervello deve sapere che l'alimentazione agisce direttamente sulle capacità cognitive, sulla memoria e sul generale corretto funzionamento del sistema nervoso centrale.</p>	<p>Il suo cervello deve sapere che il sonno non è un optional, ma serve a consolidare le memorie, a ripulire il cervello dalle tossine. Non può essere trascurato a lungo.</p>	<p>Il s deve l'ese pr ce ne funzi e la</p>
<p>L'alimentazione influisce sul sonno e sulla salute fisica.</p>	<p>Il sonno influisce sul benessere del corpo e della mente.</p>	<p>L'es in so salu</p>

Altre raccomandazioni per un

eccellente funzionamento

- interazioni sociali [▶132]
- limitare lo stress [▶192]
- meditazione [▶217]
- apprendimento continuo [▶210]
- mentalità positiva [▶129]

* Per secoli e millenni, gli umani hanno sperimentato il gusto dolce solo attraverso il miele e la frutta. Il saccarosio è stato ricavato più di 2000 anni fa in India usando la canna da zucchero proveniente dalla Nuova Guinea. Ma per Romani e Greci era una medicina, raramente disponibile. Fino al

tardo Medioevo è stato un'esclusiva dei sovrani. Con l'inizio dell'era coloniale e la diffusione della canna da zucchero nelle Indie Occidentali, è diventato un alimento per ricchi. Solo nel Diciannovesimo secolo ha assunto lo *status* di bene di consumo, salvo poi incoraggiare un record di obesità nel Ventesimo.



6.0 OPERATIVITÀ

Il suo cervello è in gran parte automatico. Lei non deve ricordarsi di respirare o di mantenere il ritmo del battito cardiaco. Tutte le periferiche sensoriali, come la pelle o le orecchie, sono costantemente accese. Il flusso delle emozioni allaga continuamente il suo cervello, perlopiù senza che lei lo decida (o magari lo apprezzi).

Nella continua interazione con l'ambiente circostante, il cervello modella con gli anni una propria idea del mondo e della vita, una propria e unica personalità. Per non parlare di

tutto quel che accade sotto la soglia della coscienza, fuori dai confini della consapevolezza. Potremmo definire cervello **subliminale** (dal latino *sub limen*, “sotto la soglia”) quell’insieme di meccanismi inconsci che influiscono sulla risposta cerebrale – pensieri, parole e azioni – senza che l’utente minimamente se ne accorga. Il confine fra il comportamento volontario e quello automatico è talmente incerto che c’è chi sostiene – non senza fondamenti – che il **libero arbitrio**, quasi un vessillo della civiltà *sapiens*, neppure esista. [►143]

Il mosaico delle numerose funzioni involontarie o semivolontarie del

cervello è più che intricato. Lasciando per un attimo da parte i dilemmi filosofici sulla capacità di controllare in qualche modo il proprio destino, va segnalato che non tutte le funzioni automatiche del cervello sono completamente fuori dal suo controllo.

Si può raffinare l'olfatto, come fanno i profumieri, [▶101] si può imparare ad apprezzare la musica, [▶109] a dominare la paura, [▶117] a dare il giusto peso all'amore, [▶120] a coltivare la propria personalità, [▶146] ad essere più comprensivi con il resto del genere umano. [▶132] E molto altro ancora.

6.1 SENSI

Una vasta serie di periferiche le consentono di percepire l'ambiente circostante in molte delle sue sfumature. Gli organi di senso, il più vasto dei quali è la pelle, sono connessi a specifiche aree del cervello alle quali inviano uno spaventoso flusso di informazioni in contemporanea: le sensazioni. Tocca poi all'organo centrale metterle in ordine e dare loro un senso, trasformandole in percezioni.

È inesatto dire che i sensi siano soltanto i tradizionali vista, udito, gusto, olfatto e tatto. Oltre a questi, abbiamo la percezione di come è posizionato il corpo (**propriocezione**), il senso di

bilanciamento (**equilibriocezione**), il senso del dolore (**nocicezione**), il senso della vibrazione (**meccanocezione**) e della temperatura corporea (**termocezione**). E molti altri ancora, spesso interni al corpo, come il senso di pienezza postprandiale o, all'opposto, il senso di fame. La complessità di questi sistemi, spesso cerebralmente sovrapposti o strettamente collegati, è strabiliante.

Gli esseri umani non hanno tutte le esclusive, anzi. Ci sono insetti che vedono la luce ultravioletta, pipistrelli e delfini che usano il sonar, serpenti sensibili al sangue caldo della preda, squali che avvertono i campi elettrici, uccelli che si orientano con il

magnetismo terrestre. Senza contare che, neppure troppo di rado, il sistema sensoriale e percettivo umano può anche sbagliare. [►183]

Ma c'è ben altro. I sensi non trasferiscono esattamente al cervello la realtà, semmai la traducono. Nel mondo non esistono colori, suoni e profumi. C'è la radiazione elettromagnetica dei fotoni, che i neuroni recettori della vista interpretano come colori. Ci sono le onde longitudinali, che comprimono l'aria e vengono trasformate dai neuroni recettori dell'udito in suoni. Ci sono le molecole odoranti, che si legano ai neuroni recettori dell'olfatto producendo gli effetti speciali del profumo.

Alla descrizione dei cinque sensi

principali e delle loro straordinarie proprietà, aggiungiamo – ovviamente senza chiamarlo “sesto senso” – il senso del tempo, o **cronocezione**. Il motivo? È un fattore fondamentale nella percezione del mondo, ricomposta dal cervello come un flusso continuo attraverso il marasma di informazioni che gli arrivano, ogni frazione di secondo, dallo spazio-tempo circostante. È la sensazione di esistere.

6.1.1 Olfatto

All’inizio fu il naso. L’olfatto è il senso primordiale, la dotazione percettiva con l’origine evolutiva più remota. Così

come le prime forme di vita unicellulari avevano sviluppato la capacità di “sentire” il pH del liquido nel quale navigavano – ovvero le variazioni del grado di acidità dell’ambiente circostante – le successive specie animali hanno mantenuto un equipaggiamento simile ancorché molto più sofisticato, ma pur sempre fondato sulla chimica.

È vero che gli esseri umani non utilizzano il naso quanto i cani o i topi, ma è anche vero che in molti considerano l’olfatto quasi come un senso secondario, quando non lo è affatto. L’innata capacità di misurare chimicamente l’ambiente ha contribuito alla sopravvivenza della nostra specie e

di tutte quelle che l'hanno preceduta. Tutt'oggi l'impianto olfattivo installato nel suo cervello la aiuta ad avvicinarsi agli odori gradevoli e a rifuggire da quelli sgradevoli e magari pericolosi. Tuttavia, essendo saldamente collegato al sistema limbico, [►50] ha la capacità di richiamare le memorie di un distante passato, di accendere emozioni nel presente ma, soprattutto, di operare anche a livello subliminale – senza che l'utente se ne accorga – ad esempio su questioni strategiche come scegliere l'altro essere umano con il quale organizzare la prosecuzione della specie.

La dimostrazione che il mondo sensoriale comincia dal naso è data dai

neuroni recettori dell'olfatto, una delle più straordinarie variazioni sul tema delle cellule nervose. [►20] Stia bene a sentire.

- I neuroni olfattivi sono dotati di quasi 450 recettori diversi, ognuno con la propria serratura, dove gli odoranti – le sostanze volatili che aleggiano sopra una torta calda o un collo di donna profumato – sono le chiavi che sbloccano il messaggio elettrochimico. Il profumo di caffè è dato da quasi 1000 molecole odoranti diverse, ma le informazioni che arrivano dai recettori vengono ricomposte in tempo reale dal cervello come un unico odore. Si stima che gli odori distinguibili da un naso umano siano almeno 20mila, ma c'è

chi spara cifre molto, molto più alte.

- I neuroni olfattivi sono gli unici che letteralmente fuoriescono dal cervello. A milioni popolano la parte alta della sua cavità nasale, spuntando dal bulbo olfattivo che, piazzato sotto la corteccia frontale, è deputato a smistare le informazioni di quella moltitudine di sensori.
- I neuroni olfattivi sono fra i pochissimi capaci di neurogenesi. Regola vuole che i neuroni, le uniche cellule del corpo umano incapaci di mitosi, nascano e muoiano insieme a lei. Ma mentre il cervello è ben impacchettato e protetto dalle meningi e dal liquido cerebrospinale, [▶40] i neuroni che si prolungano fino all'attico della cavità

nasale sono esposti all'ambiente e quindi a rischio degenerazione. La soluzione evolutiva è stata la più ovvia: renderli capaci di rigenerarsi.

- Non è mica finita qui. Nel genoma di un essere umano ci sono circa 25mila geni, ovvero 25mila istruzioni per costruire la complessità di un corpo funzionante e per di più pensante. Ebbene, ben 858 sono dedicati alla “costruzione” dei neuroni recettori dell'olfatto, ovvero il 3,5% dell'intero patrimonio cromosomico. Tuttavia, 468 di questi sono pseudogeni, cioè antiche funzionalità oggi disattivate: una mutazione li ha privati della capacità di codificare una proteina. Questo spiega perché nel genere

umano l'olfatto, senza nulla togliere alla sua importanza strategica, è meno sensibile che in altri mammiferi.

- Infine, a definitiva riprova della sua remota origine ancestrale, l'olfatto è l'unico sistema sensoriale le cui informazioni non transitano dai talami. [►51] In altre parole, saltano a piè pari i centri di smistamento delle comunicazioni con l'esterno che, se interrotti, producono il coma. Non soltanto è l'unico senso che resta del tutto acceso durante il sonno, ma è dimostrato che è funzionante anche in caso di totale incoscienza.

Il **bulbo olfattivo** è considerato parte integrante del sistema limbico non a caso: la centrale ricevente del naso è

ben collegata con le amigdale e gli ippocampi, ovvero con le emozioni e la memoria. Marcel Proust ha composto un monumento letterario sul soave sapore dolciastro delle *madeleines* che riaccende le memorie dell'infanzia (il sapore dipende largamente dall'olfatto [►104]). Eppure, per incredibile che sia, agli esseri umani risulta difficile descrivere gli odori attraverso le parole. A parte i sommelier che per descrivere il vino adottano termini astrusi ed esoterici («austero», «corto», «decadente»), per tutti gli altri è arduo andare al di là di «buono» e «cattivo» o di pochi altri aggettivi generici. Ci sono diverse ipotesi sul perché, e vanno dal collegamento diretto che c'è fra il

sistema olfattivo e il modulo del linguaggio, fino alla strutturale inadeguatezza di molte lingue.

In compenso, c'è un altro collegamento diretto per il quale non mancano le parole, anzi. È il link fra il bulbo olfattivo e il modulo automatico della riproduzione sessuale. Nel 1959 è stato scoperto che molti animali e molti insetti sono in grado di comunicare per via chimica attraverso molecole, perlopiù inodori, chiamate **feromoni**. Vertebrati e molti mammiferi hanno addirittura un secondo “naso”, chiamato organo vomeronasale, specializzato nel percepire i segnali che arrivano dai feromoni. I messaggi codificati nel segnale chimico dei feromoni sono

numerosi e differiscono da specie a specie, ma perlopiù ruotano intorno a pochi argomenti: sesso, cibo, opportunità, pericolo.

E che dire di donne e uomini? A parte il fatto che recenti analisi sembrano implicare un dimorfismo olfattivo, ovvero una differenza strutturale nel sistema olfattivo femminile e maschile, una pletora di studi scientifici non ha finora riscontrato l'esistenza di alcun feromone umano. In alcuni casi, è stata verificata la presenza dei resti evolutivi di un organo vomeronasale, che però non risulta funzionante. Sembra proprio che quelle boccette di feromoni umani, in vendita su Amazon fra gli 8 e i 150 dollari,

siano una simpatica truffa.

Se è per questo, è stato di recente messo in dubbio anche uno studio degli anni settanta che descriveva il cosiddetto Effetto Wellesley (dall'omonimo college femminile del Massachusetts), una presunta sincronizzazione dei cicli mestruali delle donne che vivono a stretto contatto, regolata dall'olfatto. Ma questo non vuol dire che l'odore non abbia la sua importanza, nella discendenza della specie umana. L'odore del corpo – determinato dalla genetica, dall'ambiente, dall'igiene personale e dalla dieta – ha un ruolo considerevole sulla reciproca scelta di accoppiarsi.

Si sa, tutto comincia dal naso.

6.1.2 Gusto

I ristoratori del mondo, a cominciare da quelli con tre stelle Michelin, hanno un debito di gratitudine nei confronti dell'Evolutione. Se il suo cervello è in grado di esaltarsi nell'assaporare un piatto di tortellini bolognesi, o anche solo nel distinguere un Cabernet da un Pinot Grigio, non è perché i nostri lontanissimi antenati avessero bisogno di venire stuzzicati per essere incoraggiati a mangiare: a quello, già ci pensava la fame.

Il senso del gusto si è evoluto per un motivo molto più pratico: distinguere i cibi commestibili da quelli che non lo sono, perché velenosi o andati a male.

Insomma, se abbiamo la sensazione che nell'uovo al tegamino ci stia benissimo una spolverata di tartufo, è solo per prosaiche questioni di sopravvivenza.

La lingua è popolata da migliaia di papille. Ogni papilla (a parte le cosiddette papille filiformi) contiene centinaia di gemme gustative. Ognuna di queste possiede fra i 50 e i 100 recettori del gusto. Lasci perdere l'antica e radicata idea che la lingua sia divisa in zone specializzate per il dolce o per il salato. È una fandonia: i recettori capaci di percepire il dolce, il salato, l'amaro, l'aspro e l'*umami** sono distribuiti sull'intera superficie dell'epiglottide. Ma questi cinque gusti sono solo una minima parte di quell'enorme tavolozza

sensoriale chiamata sapore.

Se l'olfatto serve a percepire gli odori, per sentire i sapori il gusto da solo non basta. Il sapore è prodotto dalla somma delle informazioni che arrivano dai recettori della lingua e da quelli ben più sofisticati del naso, come sempre calcolata in tempo reale dal suo cervello. Non è un caso se un forte raffreddore ha l'autorità di sbarrare la strada ai piaceri della tavola.

Ma c'è di più. Quel che il cervello percepisce durante la masticazione di un piatto di penne all'arrabbiata è dovuto alle informazioni che arrivano dai sistemi gustativi e olfattivi messi insieme, ma anche a quelle dei meccanorecettori che distinguono la

consistenza del cibo, a quelle dei termorecettori che ne registrano la temperatura e a quelle della mucosa che avverte la presenza pungente del peperoncino. Il tutto ricomposto nel cervello come una cosa sola. Anche in questo caso, è la forza del network che si manifesta in tutta la sua utile complessità. Utile alla sopravvivenza della specie, e alle sue buone forchette.

6.1.3 Vista

In questo esatto *momento*, fra i miliardi di miliardi di fotoni che le rimbalzano intorno all'impazzata, solo in poche decine di migliaia sono saltati dal

bianco di questa pagina fino alla sua retina. Oltre 100 milioni di fotorecettori – curiosamente piazzati in fondo, e non davanti all'occhio – hanno convertito i segnali luminosi in segnali elettrici, traducendo il linguaggio cromatico della luce in una lingua più comprensibile per il cervello, un po' come fa il sensore di una macchina fotografica digitale. In realtà, solo una minima parte della retina, la **fovea**, è in grado di mettere a fuoco la parola “momento”, per via di un piccolo numero di fotorecettori altamente specializzati, che inquadrano le lettere dell'alfabeto con una serie di fulminei ma impercettibili movimenti dell'occhio.

Gli impulsi elettrici sono transitati

per il **chiasmo ottico**, una sorta di scambio ferroviario, prendendo strade opposte: le informazioni dell'occhio sinistro sono andate verso l'emisfero destro, e viceversa. Dopodiché, passando per i talami, sono arrivate ai lobi occipitali "accendendo" l'area chiamata **corteccia visiva primaria**. Di aree ce ne sono altre e forniscono al cervello le informazioni necessarie, spesso sfocate o a bassa risoluzione, per calcolare la percezione di un'immagine compiuta, in movimento e in tempo reale. Ma quel che è incredibile è che, dalla parola scritta alla corteccia visiva, sono trascorsi appena 40 millisecondi: un venticinquesimo di secondo.

La stupefacente evoluzione

dell'occhio attraverso la selezione naturale era già stata rimarcata da Charles Darwin in persona. «Sembra una cosa assurda al massimo grado», scrisse nel suo libro *L'origine delle specie*, salvo poi spiegare i motivi per cui era proprio così. La meraviglia si compie attraverso la successione dei meccanismi ottici, a partire dalla cornea – di fatto una lente, che invia alla retina un'immagine rovesciata – fino ad arrivare ai meccanismi mentali che finiscono per interessare gran parte della corteccia. La luce che colpisce due retine bidimensionali proietta nel suo cervello un panorama tridimensionale. Non è incredibile?

Ciascuna retina umana conta su circa

6 milioni di recettori a cono e su 120 milioni a bastoncello, che traducono – ma bisognerebbe dire *transducono* – la luce in impulsi elettrici. Soltanto i coni popolano la fovea, la regione visiva ad alta risoluzione, e insieme a una miriade di bastoncelli popolano il resto della retina. Quelli a cono distinguono il colore e necessitano di numerosi fotoni per essere attivati, mentre per quelli a bastoncello, sostanzialmente acromatici, basta un pugno di fotoni: ecco perché in un ambiente semibuio la percezione dei colori si attenua o scompare.

I recettori a cono riescono a produrre la magia del colore con un trucco replicato dalla televisione che, tramite la tecnologia RGB (*red, green, blue*),

ricostruisce milioni di colori combinando le frequenze di tre pixel diversi. Anche senza usare precisamente il rosso, il verde e il blu del monitor, il cervello ricomponete i colori tramite tre tipi di recettore a cono, ognuno specializzato nel captare differenti frequenze dello spettro elettromagnetico visibile. Il fenomeno, che le consente di godersi un tramonto o un quadro di Van Gogh, è ancor più meraviglioso se si pensa che i colori stessi sono una fabbricazione del cervello. Non solo «la bellezza sta nell'occhio di chi guarda», come dice un proverbio, ma anche il colore.

Dunque, la luce visibile è prodotta da fotoni con una frequenza più o meno

compresa fra i 430 e i 750 terahertz (THz), ovvero che oscillano – a seconda del colore – fra le 430 e le 750 *milioni di milioni* di volte al secondo. Quando la luce solare illumina un pomodoro, le componenti chimiche sulla buccia sono in grado di assorbire buona parte della radiazione, ma non le frequenze intorno ai 500 THz, che vengono quindi riflesse. Nella sua retina, così, si attivano quei recettori a cono che, dotati di una proteina chiamata **opsina** e capace di rispondere a quella frequenza, producono nel cervello la percezione del rosso. Una zuccina riflette le frequenze intorno ai 550 THz e un mirtillo nell'intorno dei 650, attivando gli altri due tipi di recettori attrezzati

con le rispettive opsine. Così, la “giallezza” del limone è generata nel suo cervello da una frequenza che sta fra il verde e il rosso, attivando *in misura diversa* entrambi i relativi recettori. Un bicchiere di latte, nella sua bianchezza, li attiva tutti quanti in egual misura.

Se per caso lei possiede una visione daltonica (un difetto genetico, la cui versione più diffusa confonde i colori nello spettro verde-giallo-rosso) è perché non dispone di uno dei tre recettori. In compenso molti animali, perlopiù uccelli e insetti, sono spesso in grado di percepire la luce ultravioletta perché hanno un quarto tipo di recettore, capace di catturare quei fotoni che oscillano ancora più velocemente del

viola. Ai loro occhi, i colori di qualsiasi fiore sono *completamente* diversi da quelli che vede lei.

Ma la tecnologia non ha rubato al cervello soltanto l'idea dell'RGB. Per anni si è creduto che il sistema visivo umano ricevesse una serie di immagini in sequenza, un po' come le macchine da presa cinematografiche che, capaci di registrare 25 o più immagini al secondo, al cinema ci danno l'impressione di un flusso continuo (sì, l'opulento impero di Hollywood è fondato su un'illusione ottica). Poi però, è stato scoperto che anche il cervello ha una propria strategia per razionalizzare l'enorme flusso di dati che gli arrivano ogni millisecondo dagli organi di senso: la

corteccia visiva taglia le informazioni che sono di troppo e risparmia energia trasmettendo soltanto le differenze dell'immagine. È più o meno quel che fanno gli algoritmi per la compressione dei dati video, che riescono a ridurre il “peso” dei bit – gli atomi del mondo digitale – per trasmetterli lungo le arterie dell'Internet. Il sistema visivo è costretto a usare le risorse disponibili il meglio possibile, per via di un'inerente problema: i fotoni che colpiscono in questo momento le sue retine trasportano molte più informazioni di quante non ne arrivino effettivamente ai lobi occipitali.

Eh sì, la strabiliante meraviglia del suo sistema visivo è piena di difetti, incongruità e ridondanze che rivelano il

tortuoso sentiero percorso dall'Evoluzione. Lasciamo perdere i difetti ben conosciuti, come miopia e astigmatismo. La fovea è piccolissima, raggiunge al massimo due gradi della scena visiva e il cervello deve risolvere il problema con le saccadi, che sono bruschi e frequenti movimenti dell'occhio, per riuscire a inquadrare quel che desidera vedere. Nella retina, nel punto in cui spunta il nervo ottico, non ci sono recettori e quindi c'è un **punto cieco**, dove l'occhio non funziona, eppure il cervello ricostruisce a livello subliminale un'immagine sfocata e approssimata col risultato che lei non vede i due buchi neri che ci sarebbero ai lati del suo campo visivo.

Se ricordiamo che la visione tridimensionale è un'illusione ottica e che i colori sono più soggettivi che oggettivi, l'occhio sembra davvero «una cosa assurda al massimo grado», come diceva Darwin.

Dopo aver attraversato il sistema gerarchico delle cortecce visive che riconoscono in successione i bordi dell'immagine, poi i suoi colori, poi il movimento e la posizione nello spazio, le informazioni “neuro-visive” raggiungono i lobi parietali per il calcolo dei dati spaziali e i lobi temporali per il riconoscimento degli oggetti ma, soprattutto, dei modelli ricorrenti (*pattern*, in inglese). E il suo cervello ha un'autentica fissazione per

1 a *pattern recognition*, il riconoscimento dei modelli. Il modulo, installato già milioni di anni fa, si è reso necessario per una funzionalità indispensabile ai rapporti sociali: il riconoscimento facciale.

Il suo cervello vede facce dappertutto, letteralmente. Nelle nuvole, nella luna, nei muri sporchi o nelle pozzanghere. Per ogni faccia che lei incontra per strada, il modulo automatico la scansiona in pochi millisecondi e la identifica come conosciuta/sconosciuta, somigliante/non somigliante, donna/uomo, bello/brutto e chissà quant'altro. La *pattern recognition* non investe soltanto la vista e, in qualche raro caso, può essere

oggetto di un'esperienza negativa, continua e spasmodica. Si chiama **apofenia** [►186] e consiste nell'individuare *pattern* anche laddove non esistono: alcuni li trovano nei numeri estratti al lotto, altri in una macchia sul muro che ricorda vagamente una figura religiosa, altri ancora nelle divinazioni di una cartomante. Secondo alcuni ricercatori, come Michael Shermer, autore del libro *Homo credens*, questo modulo automatico è uno dei tanti che contribuiscono a sviluppare credenze o fede anche in cose altamente improbabili.

«Finché non lo vedo, non ci credo», si sente dire. Sennonché, il cervello crede anche a ciò che non vede. E quel

che vede è in gran parte una magnifica illusione.

6.1.4 **Udito**

Di che suono si tratta? E da dove viene? La remotissima origine evolutiva dell'udito stava nel trovare una risposta, perdipiù immediata, a queste due domande. Due domande intimamente legate alla sopravvivenza. C'è un pericolo nei paraggi? Dove esattamente?

Il senso dell'udito, originato già nei primi anfibi milioni e milioni di anni fa, è lungamente servito sia a intercettare una preda sia a scongiurare l'ipotesi di diventarla. Fondata su un'architettura

biologica grandiosa e miniaturizzata al tempo stesso (l'orecchio moderno è fatto da dozzine di componenti, con migliaia di parti che lavorano in sincrono), la capacità di udire è risultata funzionale a sviluppare quella raffinata proprietà che ha portato all'evoluzione dell'*Homo sapiens sapiens*: il linguaggio. E, forse ancora prima, a incubare la più misteriosa delle sue uniche capacità cerebrali: la musica e il piacere di ascoltarla.

Il suono è un'onda che si propaga attraverso l'aria. Se in un film di fantascienza ambientato nel vuoto dello spazio il regista le fa ascoltare dei rumori, sappia che la sta prendendo in giro: se non c'è aria, non c'è suono.

L'onda sonora che fa vibrare l'etere si propaga a circa 1230 chilometri all'ora e fa vibrare le **cellule ciliate**, i neuroni sensitivi del sistema uditivo. Sono dislocate dentro all'organo del Corti (dall'anatomista italiano che lo scoprì nell'Ottocento), parte dell'orecchio interno, e appoggiate sulla **membrana basilare**, in qualche modo capace di risuonare come le corde di uno strumento. Di fatto, l'intero meccanismo assomiglia a uno strumento.

Suonando il fatidico "la" a 440 hertz usato dalle orchestre per accordarsi, una precisa area vibra 440 volte al secondo. Se suoniamo il "la" un'ottava sotto, quindi a 220 hertz, vibra più lentamente un'area più in basso. Con queste

informazioni, la corteccia uditiva del cervello – che sta nei due lobi temporali, poco sopra le orecchie – ricostruisce la frequenza, la velocità, l'intensità e perfino la direzione dalla quale proviene il suono. Ovvero, tutto quel che va dal ruggito di un felino dietro al cespuglio, fino a una canzone d'amore di Frank Sinatra.

Fra i tanti misteri della neuroscienza c'è anche la musica. Perché una bella canzone scatena il rilascio di dopamina, [▶32] facendo sì che gli esseri umani provino piacere nell'ascoltarla? Perché un quartetto d'archi contribuisce ad abbassare i livelli di cortisolo, [▶35] l'ormone dello stress, e ad aumentare quelli di immunoglobulina, un

anticorpo? Dopotutto, non sembra esserci uno stretto legame evolutivo fra la musica e la selezione naturale.

Si è a lungo ritenuto che il piacere cerebrale della musica avesse le basi in una molteplicità di aree neuronali deputate a tutt'altre funzioni. Nel 2015, ricercatori dell'MIT hanno individuato un'area della corteccia uditiva che risponde specificatamente alla musica e non ad altri rumori. Un'altra ricerca fatta all'Università Jyväskylä, in Finlandia, ha però notato – sempre usando tecnologie fMRI – che la musica accende il cervello ben oltre i lobi temporali. [▶62] Il ritmo, una delle tre componenti fondamentali della musica, interessa le aree motorie del cervello,

rivelando la forte connessione fra musica e danza. La melodia, la successione di frequenze a precise distanze matematiche, tonali e temporali, coinvolge il sistema limbico e quindi il centro delle emozioni. L'armonia (in realtà la ricerca finlandese parla di "timbro") sembra essere associata con il *default mode network*, una serie di aree cerebrali attive durante l'apparente fase di riposo, dal quale dipenderebbe anche la capacità di vagare con la mente e, in generale, la creatività. [►164]

La scienza ha provato che la musica è una neuro-esperienza universale, nel senso che interessa indistintamente tutte le culture umane. Ma ha anche dimostrato che è benefico farla. I

musicisti sembrano avere un corpo calloso più sviluppato rispetto ai non-musicisti, così come le aree deputate al controllo motorio, all'udito e alla coordinazione spaziale. Si dice che produrre musica collettivamente, sincronizzando il tempo con altri musicisti e cantanti, induca il rilascio di ossitocina, il cosiddetto ormone dell'attaccamento. [►33] Sarà perché i nostri lontanissimi antenati si dedicavano a canti cerimoniali prima di una battaglia o una battuta di caccia, e il senso di gruppo e di unità promosso dall'ossitocina dava loro un vantaggio competitivo. Anche ai giorni nostri, chi partecipa stabilmente a un coro assicura che cantare insieme agli altri produce un

effetto salutare.

A proposito di vantaggi competitivi però, l'udito umano e la corteccia che lo decodifica ne hanno sfornato un altro: la comprensione del linguaggio, probabilmente la caratteristica che più distingue gli *Homines sapientes* dalle altre specie animali. Non solo le aree di Wernicke (specializzata in comprensione del linguaggio) e Broca (produzione del linguaggio), [▶58] ma molti altri nuclei e sentieri neuronali sono coinvolti nella conversione delle onde sonore in parole cariche di significato, di associazioni, di categorizzazioni. Parole che, messe in particolari sequenze, sono perfino capaci di solleticare o tempestare di

emozioni il sistema limbico.

Non c'è bisogno di spendere troppe parole nel decantare l'impatto che la comunicazione istantanea ha avuto sull'evoluzione del genere umano e della sua civiltà. Se l'udito non ci fosse, bisognerebbe inventarlo.

6.1.5 Tatto

Tutte le volte che si elencano i cinque sensi principali, finisce sempre per ultimo. Lo chiamiamo tatto ma, a dir la verità, il termine gli sta un po' stretto. Il **sistema somatosensoriale** – un nome più pomposo e più consono – trasmette al cervello una grande quantità di

informazioni molto diverse fra loro, che provengono da ogni angolo del corpo. Un corpo letteralmente costellato di sensori specializzati in mestieri diversi. Ci sono i recettori del tatto, ma anche quelli della pressione, del dolore, della temperatura, della vibrazione e del bilanciamento, che inviano segnali dalla pelle, dai muscoli, dalle ossa, dagli organi interni e anche dal sistema cardiovascolare. E adesso provi a indovinare: qual è l'unica parte del corpo che non possiede queste proprietà sensoriali? Qual è l'unico organo che, bucato con uno spillo, non invia alcun segnale di dolore al suo cervello? Ha indovinato: è il cervello stesso, che non ha neppure un nociceptore, il recettore

del dolore.*

Il meccanismo è bellissimo, nella sua sofisticazione. È parte integrante del sistema nervoso periferico, dove c'è all'opera il **neurone sensoriale**, o afferente, [▶20] il quale ha il soma nel midollo spinale e un assone [▶25] che lo collega al suo recettore specializzato (diciamo nel dolore), ed è capace di trasformare la puntura di uno spillo sul ginocchio in un segnale codificato nella lingua elettrochimica dei neuroni. Il segnale – grazie ad altri due neuroni che lo passano come un testimone sulla pista di atletica – attraversa ad alta velocità il midollo spinale, raggiunge il midollo allungato, [▶46] poi il centro di smistamento dei talami [▶51] e arriva

infine alla corteccia somatosensoriale dei due opposti lobi parietali, per l'elaborazione finale mescolata ad altri milioni di segnali.

L a corteccia somatosensoriale primaria, divisa in quattro segmenti deputati a operazioni diverse, riceve le informazioni secondo una precisa mappa del corpo, come sempre rovesciata: quelle del piede destro convergono in un preciso punto del lobo parietale sinistro, o quelle della mano sinistra in un punto esatto del lobo destro. Siccome i recettori si addensano soprattutto nelle parti del corpo più sensibili, come i polpastrelli della mano, le labbra e la lingua, lo spazio che occupano nella corteccia somatosensoriale primaria è

sproporzionato.

Questa scoperta è quasi vecchia di un secolo. Negli anni venti del Novecento, il neurochirurgo canadese Wilder Penfield si trova a operare alcune centinaia di persone al cervello, aprendo la loro scatola cranica con la sola anestesia locale. Visto che uno spillo non procura dolore al cervello, pensa bene di sfruttare l'opportunità per fini scientifici. E comincia a infilare elettrodi nella materia grigia dei suoi pazientissimi pazienti, per vedere l'effetto che fa. E così scopre che la stimolazione elettrica di un lobo temporale produce una rievocazione di memorie passate, ma anche che il lobo parietale codifica questa mappa del

corpo, dettagliata eppure sproporzionata.

Si immagini una figura umanoide con gigantesche mani e piedi, nonché una lingua e labbra debordanti: è l'idea che il suo cervello ha del relativo corpo. È stata battezzata *homunculus* e, con una semplice ricerca sul Web, può anche vedere come venne rappresentato in due dimensioni da un'assistente di Penfield. Esiste anche un modello in tre dimensioni, dove potrà notare che lo spazio riservato all'organo genitale è piuttosto modesto nonostante, beh, si tratti di un'area piuttosto sensibile. Penfield (che si guardò bene dal disegnare un'*homuncula*) dev'essere stato vittima delle *pruderie* di quel

tempo che fu.

6.1.6 Tempo

Al contrario di tutte le macchine, incluso il forno a microonde, il cervello non dispone di un orologio che scandisca l'inesorabile passare dei secondi. Ma questo non vuol dire che il tempo – la quarta dimensione – non abbia importanza dentro al buio della scatola cranica. Tutto il contrario.

Il tempo è una componente fondamentale del sistema sensoriale e percettivo, perché sorregge quel *continuum* di esperienze che sta alla base della coscienza di sé: ogni utente

avverte chiaramente di essere sempre la stessa persona, un'ora fa, adesso o fra un'ora. Ecco perché, nonostante l'encefalo non possieda un organo dedicato a registrare i secondi che passano, è legittimo includerlo fra i sensi principali: il tempo dà senso alla vita umana.

Il cervello dispone comunque di una serie di componenti per la rilevazione del tempo che – al contrario dell'orologio di un computer – non è assoluta, ma relativa. In altre parole, dipende dalla persona che lo sperimenta. Si ritiene che la percezione del tempo sia governata da un sistema distribuito che include la corteccia, [▶58] il cervelletto [▶49] e lo striato, [▶56] con

l'apporto delle informazioni che arrivano *non-stop* dai cinque sensi.

Nonostante il dibattito sia ancora aperto, il fatto che da giovani le giornate, i mesi e gli anni sembrano scorrere lentamente, per poi prendere una velocità sempre più forsennata nell'età adulta, è comunemente giustificato dalla diversa quantità di informazioni che inondano l'encefalo. Per il cervello di un bambino, le continue esperienze sensoriali sono sempre nuove, creando così continue configurazioni neuroplastiche. [►73] Per il cervello di un adulto, invece, sono perlopiù ripetitive e sinapticamente meno degne di nota. Fatto sta, che questa peculiare differenza intergenerazionale

produce una diversa valutazione del tempo ancora disponibile, spesso rivelandosi una terribile beffa: da giovane il tempo scorre lentamente e sembra prometterti una vita lunghissima; da adulto scopri che i giorni e le settimane corrono via.

Questa è solo una delle innumerevoli illusioni che la sua percezione del tempo può sperimentare. Per esperienza personale, lei sa benissimo che il tempo sembra volare quando fa qualcosa di interessante o di piacevole. Al contrario, quando noia e disinteresse sono dominanti, i minuti si trascinano stancamente.

Un gran numero di esperimenti psicologici ha dimostrato una certa

regolarità nell'imprecisione percettiva del tempo: la gente tende a ricordare gli eventi recenti come se fossero più lontani, ma anche a valutare gli eventi remoti come più vicini di quel che sono in realtà. [►186] E compaiono effetti anche più macroscopici: nell'attimo di un incidente stradale, o di una qualsiasi situazione di pericolo, il tempo sembra rallentare.

È stata l'esperienza diretta a spingere il neuroscienziato David Eagleman (precipitato da un tetto all'età di otto anni) a studiare attentamente il fenomeno, concludendo che l'effetto di rallentamento del tempo sarebbe solo una sensazione legata al ricordo dell'incidente, perché in quelle

circostanze le memorie vengono «impacchettate più densamente» e l'azione viene rivissuta come al rallentatore. In ogni caso, il fatto che il tempo appaia dilatato in situazioni di pericolo è un'illusione con evidenti implicazioni evolutive, visto che i nostri lontani antenati rischiavano la vita alla frequenza con la quale noi ci laviamo i denti.

La percezione del tempo è influenzata dall'età del cervello, dalle circostanze ambientali, dai neurotrasmettitori in azione e da un bel ventaglio di fattori psicologici. Ma anche dalla luce solare. In realtà, una specie di orologio il cervello ce l'ha. Non tiene conto dei minuti, e neanche

delle ore. Ma sa registrare i giorni, nel fluire delle albe e dei tramonti. L'orologio che tiene il **ritmo circadiano** – che vuol dire “circa un giorno” – sta in un nucleo di neuroni dell'ipotalamo [►53] che regola un costante flusso di cambiamenti nel cervello lungo l'arco delle ventiquattr'ore. La luce è il principale interruttore di questo sistema, capace di accendere e spegnere i geni che danno il ritmo all'intero organismo.

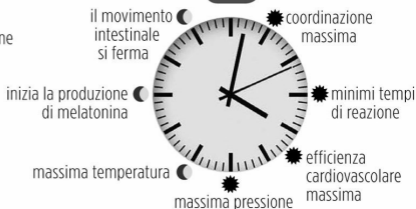
UN GIORNO "CIRCA" COSÌ

Esempio di ritmo circadiano medio

A.M.



P.M.



Regolando il sonno e la produzione di ormoni (nonché la temperatura corporea), l'approssimativo ritmo circadiano ha un ruolo determinante nel corretto funzionamento della macchina cerebrale. Un secolo e mezzo dopo l'invenzione della lampadina elettrica,

che fatalmente si è messa a interferire con i meccanismi del sonno, [►90] gli esseri umani tendono a dormire sensibilmente meno di quanto la biologia non suggerisca loro, talvolta con effetti negativi a cascata. Lo scarso funzionamento del sistema circadiano è connesso a diversi tipi di depressione e ad altre patologie. Basta aver sperimentato gli effetti del jet-lag dopo un volo intercontinentale, per avere un'idea di cosa succede a spostare il fuso orario all'insaputa dell'ipotalamo.

Anche in questo caso, ovviamente, c'è un arcobaleno di differenze individuali. Ogni cervello appartiene a uno specifico cronotipo, che è l'inclinazione a dormire a orari diversi.

Ai due estremi c'è chi si addormenta al calar del sole e chi in prossimità dell'alba.

Attraverso una percezione prona alle illusioni e pur senza sfruttare un organo di senso a lui dedicato, il tempo aggiunge una quarta dimensione alla vita umana, composta da un amalgama fra il passato da ricordare, il presente da trascorrere e il futuro da progettare. Perché non è vero che il tempo sia denaro, come dice qualcuno. Il tempo è la vita che ci resta da vivere. E questo il cervello, pur non disponendo di un orologio, sotto sotto lo sa.

6.2 SENTIMENTI, EMOZIONI

Abbandono, affetto, amicizia,
ammirazione, amore, angoscia, colpa,
compassione, devozione. Dignità,
disperazione, dissenso, entusiasmo,
esasperazione, felicità, fiducia.
Frustrazione, gelosia, gratificazione,
indifferenza, indignazione, invidia,
irritazione, lutto, malinconia,
meraviglia. Misandria, misantropia,
misoginia, noia, nostalgia, odio, onore,
orgoglio. Paura, pentimento, perdono,
pietà, rabbia, riconoscenza, rimorso,
risentimento, rivalsa. Sfiducia,
solidarietà, solitudine, stima, tristezza,

vendetta, vergogna.

Questi sono cinquanta, ma ce ne sono molti altri ancora. Se è difficile stilare una lista completa dell'arcobaleno dei sentimenti e delle emozioni, è perché spesso si sovrappongono, anche lessicalmente. E poi perché le definizioni e le loro sfumature cambiano sensibilmente da una cultura all'altra. In danese, *hygge* indica la piacevole sensazione di comfort che si prova restando avvolti nel calore della casa, davanti al caminetto con gli amici. Per non parlare della *schadenfreude* tedesca, dove tutt'altro tipo di piacere è innescato dalle sfortune di una persona odiata. Invece, in Messico la *pena ajena* è l'imbarazzo che si prova nell'assistere

all'umiliazione altrui.

Sono parole che nella lingua italiana, come in molte altre, semplicemente non esistono. Ma una cosa è chiara: *hygge*, *schadenfreude* e *pena ajena*, proprio come amore e odio, esistono solo nel cervello di chi le sperimenta. Con un dettaglio importante: molto spesso, per non dire quasi sempre, queste sensazioni vengono innescate da eventi esterni al cervello, e da lui indipendenti.

Questa parziale, ma sostanziale, incapacità di controllare le emozioni ha una spiegazione nel modo in cui l'Evoluzione ha arrangiato i collegamenti cerebrali: ci sono molti, molti più sentieri neuronali che vanno dal sistema limbico (emozioni) alla

corteccia (razionalità), che non in senso opposto.

Per avere una generica idea di come funzionano, le proponiamo l'analisi di soli tre sentimenti, ma rappresentativi tanto del funzionamento, quanto dell'evoluzione del cervello: la paura (un'emozione con origini assai remote, a dir poco strategica per la sopravvivenza), l'amore (che nei mammiferi è funzionale alla riproduzione e alla cura dei discendenti) e la felicità (che negli umani fa girare il mondo).

6.2.1 Paura

La paura è stata inventata alcuni milioni di anni fa per un motivo molto preciso: assicurare la sopravvivenza in caso di pericolo. È parte integrante dell'operatività cerebrale e, per garantirle un servizio affidabile, funziona in modo automatico e ad altissima velocità.

Facciamo un esempio. Lei sta camminando in un bosco e sperimenta un consapevole piacere dalle informazioni che arrivano dai suoi sensi: il canto del vento e degli uccelli, il colore delle foglie illuminate dal sole, il profumo dell'aria fresca e del sottobosco. Poi, la sua retina viene impressa da una forma sinistra e allungata, appoggiata al suolo. L'informazione arriva ai talami [►51] che

la spediscono immediatamente alle amigdale, [▶51] i centri di controllo della paura. Nonostante i dati ricevuti siano ancora un po' approssimativi, le amigdale ordinano al tronco encefalico [▶46] di bloccare istantaneamente tutti i movimenti del corpo (in modo da non avvicinarsi al pericolo), comandano ai muscoli facciali di aprire la bocca e di spalancare gli occhi (in modo da avvisare altri del pericolo) e agli ipotalami [▶53] di ordinare la produzione di adrenalina, che aumenta il battito cardiaco, la pressione e la respirazione (la cosiddetta "risposta del combatti o scappa"). Ma il bello è che l'intero processo è durato circa 400 millisecondi, meno di mezzo secondo:

ovvero è avvenuto molto prima che il suo cervello si rendesse conto del serpente velenoso a due metri di distanza.

Questo meccanismo vecchio centinaia di milioni di anni è stato usato con successo milioni di miliardi di volte. Secondo gli psicologi, la paura è una delle pochissime emozioni innate ed è stata preservata attraverso tutto l'arco dell'Evoluzione per via del suo evidente risultato pratico: la sopravvivenza dell'individuo e della specie. Come si vede però, la paura non è innescata dal pericolo in sé, ma dalla *previsione* del pericolo. [▶65]

Torniamo un attimo in quel bosco. Mentre spediscono le informazioni alle

amigdale in tutta fretta, i talami le inviano anche alla corteccia visiva, che le processa e le rispedisce con più calma alle amigdale. Era un falso allarme: non si trattava di una vipera, ma di un ramo curvo con le sembianze di un serpente. Il colore e la forma erano bastati a far scattare l'allarme. Circa un secondo più tardi, le amigdale segnalano il cessato pericolo e tutto, incluso il battito cardiaco, torna rapidamente come prima (qualora la presenza di un serpente fosse stata confermata, avrebbe invece rafforzato i segnali chimici del "combatti o scappa").

Eppure, non è finita qui. Le amigdale informano dell'accaduto anche gli ippocampi [►52] e le cortecce

prefrontali, [▶60] che si occupano dei processi cognitivi e dell'apprendimento, in modo da formare una memoria che si rivelerà utile in altre situazioni di pericolo, si tratti della paura ancestrale di un serpente o, più facilmente, di un'automobilista che non rispetta le strisce pedonali.

È la corteccia che elabora la distinzione fra la paura razionale di un serpente e la paura irrazionale di un ramo secco. La paura irrazionale, se cronica, ha un nome specifico: **fobia**. Su Internet si possono trovare liste interminabili di tutte le fobie del mondo, coniate etimologicamente sul greco antico. La claustrofobia (paura degli spazi chiusi), la glossofobia (di parlare

in pubblico) e l'aracnofobia (dei ragni) sono ben note. Ma ci sono anche l'ablutofobia (paura di lavarsi), la sanguivorifobia (dei vampiri), la nosecomefobia (degli ospedali), la xylofobia (dei boschi, con o senza rettili striscianti). E molte altre ancora. [►194]

La paura è un meccanismo *built-in* per la sopravvivenza, che ha sicuramente contribuito a mantenere in vita molti degli oltre 7 miliardi di esseri umani che oggi abitano questo pianeta. Con molte probabilità, la paura ha salvato anche lei. Non fosse altro perché le memorie della paura ci suggeriscono di prendere sempre delle precauzioni, come quando attraversiamo la strada.

«Se le precauzioni sono costruttive,

restare in uno stato di paura è distruttivo», scrive Gavin de Becker nel libro *The gift of fear* (*Il dono della paura* nella versione italiana). È distruttivo perché «può portare al panico, che può avere effetti più pericolosi del rischio temuto. Come sanno bene i nuotatori su lunghe distanze, non è l'acqua che ti uccide: è il panico». Se la paura è l'aspettativa di un pericolo, il panico è la paura che gira su se stessa, rafforzando quell'aspettativa. Può tornare utile saperlo. Ad esempio, quando si nuota – senza bisogno di attraversare la Manica o lo Stretto di Messina – in un qualsiasi mare agitato.

Ma un prolungato stato di paura può essere distruttivo in altri modi. Lo stress

(un concetto e una parola nati intorno al 1930: difatti si chiama allo stesso modo in quasi tutte le lingue del mondo) è strettamente connesso ai meccanismi della paura, ma con effetti più blandi del momentaneo terrore alla vista di un serpente. Tuttavia, la stimolazione prolungata del sistema di risposta del “combatti o scappa” induce un’eccessiva presenza di cortisolo, [▶35] capace di disturbare la salute e il sistema immunitario.

La paura è montata di serie in ogni cervello: è dimostrato da quei rari individui che hanno un’amigdala danneggiata o atrofizzata e sono del tutto incapaci di sperimentare quell’arco di emozioni che va dal timore al terrore.

Per qualcuno, l'eccessivo stato di paura può richiedere l'intervento di terapie farmacologiche e psicologiche. Per molti, la paura può avere effetti chimici desiderati, come testimoniano gli amanti dei film horror o dei precipizi sulle montagne russe. Per tutti quanti i cervelli però, è molto utile esercitarsi a riconoscere quel che è davvero pericoloso, da quel che non lo è. Perché troppa paura fa male. [▶192]

Come disse Franklin Delano Roosevelt nel 1933 per tutt'altri motivi, nel bel mezzo della Grande Depressione, «l'unica cosa di cui dobbiamo aver paura, è la paura stessa».

6.2.2 Amore

«Caro, ti amo dal profondo del mio ipotalamo» disse la biologa. Ma lui, che aveva studiato legge, si offese e non la vide mai più.

Potrebbe essere un micro-romanzo, perfetto per l'era-Twitter. Fra le righe della sua balordaggine però nasconde una verità indiscutibile: anche se fa rima con cuore, non è lì che l'amore risiede.

L'amore abita interamente nel cervello, con una particolare predilezione per il sistema limbico. Questo non vuol dire che si debbano correggere tutti i proverbi dove c'è il cuore di mezzo, ma è finalmente arrivato il tempo che la cruda realtà venga

accettata: anche l'amore è un'esperienza totalmente neuronale.

C'è chi uccide per amore. C'è chi, letteralmente, muore per amore. L'esperienza dell'innamoramento esercita sul cervello sollecitazioni che, per intensità, sono sullo stesso livello della fame e della sete. Il tutto, grazie a un potente cocktail di sostanze chimiche che irrorano le adeguate parti del cervello.

Inevitabilmente, si comincia dall'attrazione sessuale. Il testosterone e gli estrogeni, ovvero gli ormoni maschili e femminili, sono al lavoro per incoraggiare – o scoraggiare – gli incontri. Ma c'è anche un'intera struttura al lavoro, quella dei recettori oppiacei,

quel network di “serrature” distribuite in numerose aree del cervello che consentono alla morfina (e agli oppiacei endogeni, autoprodotti dal suo corpo) di sbloccarle e quindi di funzionare. Ebbene, su un gruppo di cervelli maschili a cui erano state somministrate sostanze che interrompono i recettori oppiacei, la vista di foto di bei volti femminili ha indotto una reazione neuronale molto più tiepida che nei cervelli normali. Insomma, per farsi più ravvicinato, l’incontro deve superare il test degli ormoni e delle endorfine, [▶29] oltre che quello dell’olfatto, il senso primordiale fortemente implicato nella sessualità. [▶101] Secondo i dati raccolti dalla scienziata Helen Fisher della

Rutgers University, già consulente del sito di appuntamenti *Match.com*, ben un terzo degli incontri ravvicinati del primo tipo evolve in una *love story*. Ovvero, quando si sale al secondo livello.

Secondo il team diretto dalla Fisher, che ha “guardato” con la tecnologia fMRI dentro una serie di cervelli innamorati, l’area tegmentale ventrale [▶48] – la santabarbara della dopamina – è particolarmente attiva durante le fasi di passione. La dopamina [▶32] produce quel senso di desiderio e di eccitazione, tipico della seconda fase. Ma c’è anche un effetto “chiodo fisso”.

I livelli di cortisolo, [▶35] l’ormone dello stress, si alzano per far fronte alla novità di un amore nascente, inducendo

ansietà e un abbassamento della disponibilità di serotonina. [▶32] La scarsità di serotonina viene associata anche alle patologie ossessivo-compulsive, [▶199] il che spiegherebbe perché un cervello innamorato non riesca a pensare ad altro che al cervello amato, fino al punto di sorvolare sulla comparsa dei primi difettucci. Per il resto, c'è poco da fare: quando i sistemi visivi dei due cervelli convergono – in altre parole, quando i due innamorati si guardano negli occhi – adrenalina e noradrenalina [▶31] sono lì pronte ad accelerare il battito cardiaco e a fornire quell'ebrezza non troppo dissimile da una bella sniffata di cocaina.

La terza fase, quella dell'amore che

si estende nel tempo – con durate notoriamente variabili fra qualche anno e la vita intera – è invece regolata dalla vasopressina, che contribuisce ai legami prolungati, e dall’ossitocina, ormone e neurotrasmettitore con un ruolo importante nella storia dell’umanità: è la molecola dell’attaccamento. [►33]

Il cosiddetto amore romantico, infatti, è solo una felice deviazione della civiltà *sapiens*. L’obiettivo resta sempre quello: la riproduzione della specie. Evolutivamente parlando, per la sana crescita di un essere umano nuovo di zecca, la presenza stabile sia di un padre che di una madre è altamente desiderabile. Ma non indispensabile. Al contrario, la totale assenza di qualcuno

che lo nutra, lo accudisca e lo protegga è notoriamente fatale, a maggior ragione nell'*Homo sapiens* che – proprio per sviluppare dentro al cranio un centro di controllo sofisticato come il suo – ha bisogno di una lunga infanzia e di una lunga adolescenza. [►83]

Ecco perché non c'è solo l'orgasmo a generare ossitocina. Le madri producono e dispensano ossitocina anche durante l'allattamento, rafforzando il mutuo legame con il nuovo arrivato. Perfino i cani ricevono una scarica di ossitocina, quando guardano il padrone negli occhi. È la straordinaria potenza, chimica e psicologica, della molecola dell'attaccamento.

A questo punto, però, è chiaro che il

sentimento più travolgente del mondo, rispettato e celebrato dall'arte e dalla letteratura di tutte le culture umane della storia, è prodotto da una sorta di network cerebrale dell'amore, talmente strategico per gli obiettivi finali dell'Evoluzione naturale, da essere capace di prendere il sopravvento sull'intero sistema nervoso centrale. Inclusa la corteccia frontale, sede della razionalità. Sarà un caso se il proverbio «l'amore è cieco» è identico in almeno quindici lingue?

Grazie al suo straordinario armamento farmacologico, l'amore ha la potenza di fuoco necessaria per mettere in subbuglio il sistema della ricompensa, fino a scatenare qualcosa

che talvolta può assomigliare all'assuefazione a una droga. La dose di neurotrasmettitori scatenati dalla vista della persona amata può diventare un bisogno ineludibile e portare a una vera e propria crisi di astinenza in caso di rottura traumatica del rapporto.

Col passare del tempo, solitamente nel giro di un paio di anni, cortisolo e serotonina tornano a livelli normali: si allenta lo stress e i pensieri "ossessivi" si assopiscono. La dopamina, invece, può continuare a dispensare la propria felice ricompensa neuronale. E i livelli di ossitocina – come dimostrato dalle analisi fMRI di cervelli lungamente innamorati – possono mantenersi elevati per decenni, a patto di ricordarsi di

come si fa a produrli. [▶33]

Detto questo, una descrizione così breve e cruda dell'amore, contrapposta a millenni di canzoni, poemi, elegie, quadri, romanzi e capolavori del cinema devotamente inneggianti al sentimento più bello e frizzante che c'è, può aver indotto nel suo cervello una sottile sensazione di sgradevolezza.

Nell'accettare le nostre scuse, la preghiamo di notare che si è trattato indirettamente di un esperimento. Se il concetto di amore romantico è una costruzione sociale che varia da cultura a cultura, e l'emotività che suscita può variare da cervello a cervello,* quell'immensa mole di produzioni artistiche in suo onore contribuisce ad

ammantarlo di un'aura di sacralità. Ecco perché il suo cervello può aver appena sperimentato un conflitto sinaptico fra GABA e glutammato [▶31] che insieme, uno inibitorio e l'altro eccitatorio, inducono quella sensazione di disagio.

Per spiegarci meglio, ricordiamo la piccata risposta del fisico Richard Feynman – uno dei cervelli più fini del Ventesimo secolo – a un amico che gli contrapponeva il lato artistico dell'estetica di un fiore, all'arido dissezionamento degli scienziati. «Tutte le risposte della conoscenza scientifica aggiungono qualcosa all'emozione, al mistero e alla meraviglia di un fiore. È un'aggiunta. Non una sottrazione».

L'amore è una cosa

meravigliosamente neuronale.

6.2.3 Felicità

Come lei sa benissimo, l'8 marzo è il Giorno Internazionale della Donna. Tuttavia, nel gran numero di bandierine piantate sul calendario dalle Nazioni Unite a memoria dei nobili obiettivi da raggiungere – come il Giorno della Democrazia, della Pace o del Disarmo nucleare – probabilmente le sfuggirà a cosa è intitolato il 20 marzo. Quello che nell'emisfero boreale è l'ultimo giorno dell'inverno è dedicato, «al fine di riconoscere la sua importanza nella vita della gente di tutto il mondo», alla

felicità.

La ricerca della felicità è il più grande motore del mondo, nonché la misura delle sue disparità sociali, geografiche e geopolitiche. Vergata a chiare lettere nella Dichiarazione d'Indipendenza degli Stati Uniti del 1776, non è neppure menzionata nella Dichiarazione dei Diritti dell'Uomo del 1789, non è neppure menzionata nella Dichiarazione dei Diritti dell'Uomo del 1948. Tuttavia, dopo che nel 1972 il sovrano del Bhutan ha dato il via a un programma di governo fondato sulla Felicità Nazionale Lorda invece che sul PIL, l'idea di misurare il tasso di felicità media di una popolazione ha velocemente raggiunto i lidi della ricerca scientifica, della politica economica e del diritto internazionale.

Nella risoluzione dell'Onu che nel 2012 ha istituito il Giorno Internazionale della Felicità, questa viene definita un «obiettivo umano fondamentale».

La felicità è il più ambito di tutti gli stati mentali, ancorché variabile nelle accezioni semantiche di contentezza, divertimento, soddisfazione, gratificazione, gioia, euforia e via dicendo. Come ogni stato mentale, dipende da una miscela di fattori chimici (i neurotrasmettitori), elettrici (le onde cerebrali e i potenziali d'azione) e architettonici (le connessioni strutturali di ogni singolo cervello).

Su quest'ultimo fronte, è stato osservato che la corteccia prefrontale sinistra [►60] è particolarmente attiva in

caso di sentimenti felici e che, al contrario, quella destra sembra essere associata alla tristezza. Oltre a dopamina e ossitocina, che rispettivamente gestiscono l'intero sistema della ricompensa [▶140] e l'attaccamento amoroso, un largo numero di molecole è implicato nella modulazione della felicità, dal semplice buonumore all'estasi. Ci sono gli endocannabinoidi come l'anandamide, [▶94] molecole simili alla cannabis ma prodotte dal corpo umano, che influiscono sul piacere e la memoria, sulla coordinazione motoria e sulla percezione del tempo. Ci sono le endorfine, che assomigliano agli oppiacei e alleviano anche il dolore

fisico. C'è il GABA che, specializzato nell'incoraggiare i neuroni a *non* fare fuoco, contribuisce alla tranquillità e contrasta l'ansia. Se aggiungiamo l'adrenalina che dà sprint e la serotonina che (fra mille altre cose) contribuisce all'autostima, è facile capire che si tratta di un vero arsenale chimico di soddisfazione di massa. [►29]

La felicità, in quanto inevitabilmente legata alla ricchezza, è statisticamente inflessibile nel separare i Paesi ricchi da quelli poveri. Non solo: i Paesi diventano mediamente più felici quando si arricchiscono e più infelici quando l'economia va nel verso opposto. Come ricordano i *gossip* e le cronache mondane, il denaro e la felicità non sono

sempre correlati positivamente. Tuttavia, come vuole il luogo comune, un bel conto in banca è d'aiuto.

Eppure sappiamo anche che la felicità è relativa, in particolare da quando il sociologo olandese Ruut Veenhoven ha inaugurato il World Database of Happiness, una raccolta di decine di migliaia di studi scientifici sul tema. Chi è già abbastanza ricco non diventa più felice aumentando la ricchezza disponibile. Un isolano dei Caraibi, grazie alla capanna e ai due maiali che possiede, può risultare più felice di un europeo della classe media che vorrebbe tanto una casa, un'automobile e un'erba come quelle del vicino. Gli psicologi parlano di una

ruota edonistica, dove tanto per intendersi la ruota è quella della gabbia dei criceti e l'edonismo è la filosofia che identifica nel piacere il fine di ogni azione umana. È il processo per cui, una volta esaurita l'eccitazione per una novità, se ne desidera un'altra. Come avrà capito, accontentarsi – o meglio, apprezzare quel che si è e che si ha – è un già un trucco piuttosto efficiente per ingannare un cervello insoddisfatto. [►221] Ma si può fare anche di più.

Si dice che la felicità sia certamente correlata al piacere, ma anche alla partecipazione (la passione per quel che si fa), alle relazioni sociali (dalla famiglia ai colleghi), al senso di appartenenza (a un paese, a

un'organizzazione di volontariato, a una religione) e alle proprie realizzazioni (i successi ottenuti).

La felicità dipende, come sempre, dalla natura (l'infelicità cronica ha spesso un'impronta genetica), dalla cultura ma anche dagli accadimenti della vita nel loro continuo ciclo di cause e di effetti. Il buon senso parla molto chiaramente: «se lei raggiungerà i suoi obiettivi sarà felice». Ma numerosi studi dimostrano che se lei è felice raggiungerà quegli obiettivi.

Non a caso, l'Evolutione ha aggiunto al suo sistema operativo meccanismi semiautomatici per favorire la felicità. L'esempio viene da un divertente studio del 1988, dove ai soggetti

dell'esperimento viene chiesto di valutare il grado di umorismo di alcuni cartoni animati tenendo al tempo stesso una matita in bocca. Quelli del primo gruppo devono tenerla dritta fra le labbra (costringendoli a una faccia imbronciata) mentre quelli del secondo gruppo devono stringerla orizzontalmente fra i denti (obbligandoli a una faccia sorridente). Il risultato? Sì, ha indovinato. Il solo fatto di tendere i muscoli del sorriso si è rivelato sufficiente a rendere più divertenti le stesse, identiche storielle animate.

Se basta usare i muscoli del volto per migliorare l'umore, quanto può essere potente il "trucco" del pensiero positivo? [▶129] Una delle principali

caratteristiche del controllo cognitivo, la facoltà cerebrale di adattare in tempo reale il comportamento alle circostanze, sta proprio nella capacità di allontanare i pensieri negativi a favore di quelli positivi. Una capacità che, qualora assente, si può sempre imparare e quindi aggiungere al proprio sistema di difesa dall'infelicità. [►170] Poi, visto che ogni cervello possiede un meccanismo *built-in* che fa girare la ruota edonistica, perché non farla ruotare in senso opposto e provare gratitudine per quel che si ha? [►217] Per incredibile che sembri, c'è sempre qualcuno che sta *molto* peggio di noi e il confronto, per ingeneroso che sia, può attivare risultati dopaminergici. Curiosamente, la

generosità stessa stimola una ricompensa cerebrale. Secondo alcuni studi la meditazione ha la capacità di attivare (e quindi potenziare a lungo termine) la corteccia prefrontale sinistra, mentre è noto che l'esercizio fisico aumenta la disponibilità di endocannabinoidi e che l'esercizio sessuale – non indispensabile per la felicità, eppure utilissimo – regala dopamina, ossitocina ed endorfine varie.

[▶29]

Infine, per dirle proprio tutte tutte, c'è da mettere in conto anche la temperatura. Perché è dimostrato che dove fa freddo tutti sono più felici, rispetto a dove fa molto caldo... No, è solo una battuta di cattivo gusto. Eppure

è esattamente quel che si potrebbe desumere leggendo la classifica 2017 del World Happiness Report delle Nazioni Unite. Dei 155 paesi esaminati (quindi ne mancano quaranta all'appello) i tre più felici del mondo sono Norvegia, Danimarca e Islanda. I tre più infelici sono Tanzania, Burundi e Repubblica Centrafricana. Ovviamente in questa statistica non viene calcolata la temperatura, ma il PIL procapite, l'assistenza sociale, l'aspettativa di vita, la generosità collettiva, la percezione della corruzione e la libertà di scegliersi una vita. Il valore globale di tutti questi indicatori è cresciuto, nell'ultimo secolo. Sebbene fra alti e bassi, la felicità media mondiale è aumentata.

Visti i riflessi positivi sul sistema cardiocircolatorio, sui rapporti familiari, sul lavoro e in generale sulla propria esistenza, le suggeriamo di non tralasciare mai la sua consapevole ricerca della felicità.

6.3 COSCIENZA

La coscienza è la cosa più facile del mondo. L'abbiamo ereditata senza fatica alcuna, ci accompagna in ogni istante di veglia e troviamo del tutto naturale che durante il sonno vada in *stand-by* e che si riaccenda istantaneamente alla bisogna.

La coscienza è la cosa più difficile del mondo perché non sappiamo cosa sia. Quel che è peggio, è che non sappiamo neppure definirla. È la capacità di percepire, di sperimentare. È la soggettività. È la consapevolezza di sé e dell'ambiente. È il pensiero. È il libero arbitrio. È il centro di comando della mente. È tutte queste, e altre cose

insieme.

La coscienza è la caratteristica più misteriosa del cervello. Talmente misteriosa da aver attirato le attenzioni di teologi e filosofi ben prima che degli scienziati. Sulla vera natura della coscienza si è combattuto per secoli un furioso dibattito, soprattutto a partire dal Seicento, quando René Descartes individua il suo celebre dualismo. Da un lato, penso-dunque-sono: la coscienza, innegabilmente, esiste. Dall'altro però, non sembra esistere fisicamente, non può essere descritta né osservata, se non dal cervello che la sperimenta. Quindi, come spesso accadeva alle cose difficili da spiegare, non può che essere un dono sovranaturale.

La coscienza – che non possiede né massa né velocità – non si può misurare. Ma la sua prossimità al concetto di anima ha finito per ammantarla di un tabù. Gli scienziati si sono a lungo guardati dall'esaminare in profondità l'argomento, anche perché impossibile da studiare in laboratorio.

Chi non si è tirato indietro è stato Francis Crick, il co-scopritore della doppia elica del DNA, che negli ultimi anni della sua vita ha indagato, scientificamente, il mistero della coscienza. Nel libro *The astonishing hypothesis* scritto all'età di 78 anni, lui stesso usa tutte le prudenze del caso, nell'avanzare «l'ipotesi sorprendente» che «le attività mentali di un individuo

siano interamente il risultato dell'azione di neuroni, cellule gliali, nonché degli atomi, ioni e molecole che li compongono e li influenzano». Oggi non è più sorprendente e, a pensarci bene, per la neuroscienza moderna non è neppure un'ipotesi. Il corpo e la mente sembrano due entità separate, ma in realtà sono una cosa sola.

Però il mistero rimane fitto. Secondo il filosofo australiano David Chalmers, il dilemma della coscienza va diviso in un "problema facile" (come il cervello riesca a produrre la memoria, l'attenzione o la riflessione) e in un "problema difficile" (com'è possibile che un chilo e mezzo di gelatina biologica trasformi le informazioni

elettrochimiche in qualità, come la “giallezza” del giallo o l’asprezza del limone).

Ma siamo sicuri che ci voglia proprio un cervello complicato come quello umano, per generare un qualche livello di coscienza? Che i primati evolutivamente più vicini all’*Homo sapiens* (scimpanzé, bonobo, gorilla e orangutan) dimostrino un certo grado di consapevolezza di sé, è ormai largamente accettato e altrettanto dicasi di mammiferi come delfini ed elefanti. Ma c’è di più. Nel 2012 un prominente gruppo di neuroscienziati ha firmato la **Dichiarazione di Cambridge**, che conclude: «L’assenza di una corteccia non sembra impedire a un organismo di

avere esperienze affettive. Numerosi studi dimostrano che gli animali non-umani possiedono substrati della coscienza a livello neuroanatomico, neurochimico e neurofisiologico, oltre alla capacità di esibire comportamenti intenzionali. Queste prove indicano che gli umani non hanno l'esclusiva dei substrati neurologici che generano la coscienza». Il termine **substrato neuronale** indica le parti del sistema nervoso centrale che partecipano a un'azione o a un'emozione. Dunque, tutti i mammiferi e anche gli uccelli hanno la coscienza, ancorché in gradazioni diverse.

Fra le innumerevoli teorie in circolazione, a cavallo fra scienza e

filosofia, vale la pena mettere in luce la **Teoria dell'informazione integrata**, proposta nel 2004 dal neuroscienziato trentino Giulio Tononi e dal premio Nobel per la medicina Gerald Edelman. La teoria è complessa e solidamente matematica. Ma, in poche parole, dice che «un sistema fisico è cosciente nella misura in cui è capace di integrare le informazioni». Ci pensi bene: la sua intera esperienza cerebrale è un mosaico di informazioni che arrivano dall'esterno (visive, sonore, tattili) e dall'interno (pensiero, sensazioni) eppure del tutto inseparabili. Cosicché, il substrato della coscienza potrebbe essere un sistema composto da elementi informativi diversi: più una specie

vivente riesce a integrarli, più il livello della coscienza è elevato.

Le confermiamo che il sistema operativo installato nel suo encefalo, [►18] le offre potenzialmente il più integrato modello di coscienza attualmente disponibile, e pienamente in grado di offrirle un Sé.

6.3.1 Percezione di sé

Il suo cervello sa di esistere. Sa di essere separato dagli altri nelle quattro dimensioni spazio-temporali. E ha un dannato bisogno di sentirsi importante, anche a costo di imbrogliare un po'.

Ecco riassunte in estrema sintesi la

coscienza, la percezione di sé e l'autostima, tre concetti che si comprendono vicendevolmente, a cascata.

Sicuramente lei già conosce l'autostima. Si tratta di quel programma semiautomatico che inserisce nei suoi pensieri frasi del tipo: «sono in gamba», «in questa cosa non mi batte nessuno», «almeno in questo vado forte». È stato introdotto nel sistema operativo per rispondere agli imprevisti (che nel caso dei nostri remoti antenati erano frequenti) e a sostegno dell'apparato della motivazione. [►152]

La psicologia richiede al suo cervello di avere una buona reputazione di sé. Può sembrare curioso che poi il

cervello creda alle cose che si auto-racconta,* ma è proprio quel che accade, anche a livello subliminale. [►138] Probabilmente è un effetto dell'ossessivo bisogno del sistema nervoso centrale di prevedere il futuro [►65] e di fornire una proiezione rassicurante delle proprie capacità, all'atto di affrontare piccole e grandi sfide quotidiane in qualche giungla metropolitana del pianeta. Uno studio ha dimostrato che l'autostima accende il cervello primate laddove la corteccia prefrontale mediana (che si occupa della percezione di sé) si connette con lo striato ventrale (che gestisce motivazione e ricompensa). Secondo un altro studio, c'è una parte della

corteccia frontale che, meno viene attivata e più il cervello è incline a inforcare gli occhiali rosa, come se la manopola della razionalità venisse girata in senso antiorario. «Sono eccezionale, sono sopra la media», e la serotonina sale. [►29]

Il “pensiero positivo”, talvolta reclamizzato da canzoni e filosofie spicciole, ha davvero un impatto positivo sul cervello perché, proiettando un ideale di sé sulla scena immaginaria di eventi futuri, rafforza la coscienza di poterli affrontare. Un cervello “positivo” prevede per se stesso felicità, salute e successo, avverte di avere la forza di superare le difficoltà. Al contrario, un sistema nervoso

centrale intonato al negativo prevede la propria inadeguatezza, è preoccupato e stressato. Fa poca meraviglia che alcune di queste “previsioni” poi si realizzino per davvero, ad esempio nei colloqui di lavoro.

Ovviamente non stiamo parlando del bianco e del nero, ma dell'intera tavolozza cromatica. Ogni cervello è unico e altrettanto dicasi delle sue inclinazioni, più o meno positive, più o meno negative, nel fronteggiare i diversi campi dell'attività umana. Il ventaglio va da un'esagerata autostima (che più o meno coincide con il narcisismo, un comune errore di calcolo [►183]) a una dose talmente minima di fiducia in sé da rendere un inferno la normale vita

quotidiana.

Numerosi studi psicologici hanno dimostrato che i cervelli umani tendono a vedere le cose più “rosa” di quanto non lo siano: si tratta di una peculiarità del programma di autostima, evolutivamente installata per favorire la felicità. [►123] Di fatto, nella gradazione psicologica che va dal narcisismo al nichilismo, i cervelli che stanno nel mezzo, capaci di una sorta di equilibrio fra la forza interna e le difficoltà del mondo, sono quelli che se la passano meglio.

L'autostima è un programma semiautomatico, nel senso che si può aggiustare. A tutti i cervelli può capitare di essere depressi, in qualche periodo

della vita. Ma, a parte i casi cronici che debordano nei confini della patologia, [▶197] la forza interiore unita alla socialità [▶132] dà eccellenti risultati. C'è sempre qualcosa di positivo a cui pensare. Il pensiero «mi hanno licenziato, ma ho due figli che stanno bene e una casa di proprietà» può essere solo un banale esempio di come imbrogliare il cervello. Però funziona. All'occorrenza, trovi la formula a lei più adatta e provi a rispondere prontamente ai pensieri negativi, *ogni volta* che passano.

Detto questo, va ricordato che livelli equilibrati di autostima dipendono molto dalla fase di installazione del programma, [▶83] diciamo in tutto il

periodo dell'infanzia. Non si tratta di ripetere al giovane cervello quanto sia bravo, speciale e intelligente. L'autostima si costruisce sentendosi accettati, capaci, ma anche funzionanti di fronte alle quotidiane sfide scolastiche, sportive o sociali. Se lei ha già mescolato il suo patrimonio genetico con un'altra persona, o se si accinge a farlo, sappia che una corretta installazione del programma di autostima nel nuovo essere umano dipende anche da lei.

Ora, l'autostima è una parte rilevante della percezione di sé, ma c'è anche dell'altro. C'è la sensazione fisica di avere un corpo distinto dagli altri, ma soprattutto la sottostante coscienza della

propria individualità, ovvero la **consapevolezza di sé**. La quale, dopo secoli di dibattiti filosofici, è oggi al centro della più attuale delle domande: l'intelligenza artificiale di un calcolatore e dei suoi algoritmi si evolverà fino a raggiungere la consapevolezza di sé? La domanda per ora resta aperta. Ma la questione è spinosa perché qui risiede il vertice dell'esperienza umana. [►233]

Il suo cervello *sapiens* condivide la capacità di riconoscersi allo specchio soltanto con i cervelli di scimpanzé, gorilla, elefanti e delfini. Ma con nessun altro animale condivide la capacità di proiettarsi con la mente in un luogo e in un tempo futuro, di progettare parole e

azioni e di assumersene le responsabilità.

Il Sé è una costruzione cerebrale che regge i fili di una valanga di informazioni in tempo reale, che danno quel senso di unicità che contribuisce a mantenere un equilibrio e una personalità. Laddove questa unicità è interrotta, o malfunzionante, si presentano casi patologici di drammatica spersonalizzazione.

«L'uomo saggio – si legge in un passo della letteratura buddista – non si lascia sviare dagli otto venti: prosperità e declino, onore e disonore, lode e biasimo, sofferenza e piacere». Una solida percezione di sé è già una bella armatura per affrontare i “bassi”, ma

anche gli “alti”, della vita. È il passaporto della propria identità sociale, da esibire alle frontiere dell’empatia.

6.3.2 Empatia

L’empatia si è fatta strada nel mondo 65 milioni di anni fa, quando un evento di portata planetaria – la collisione di un enorme asteroide in quella che è oggi la penisola dello Yucatan, in Messico – ha spazzato via il dominio rettile sulla Terra. Si stima che tre quarti delle specie animali siano state cancellate da quell’evento epocale, che ha dichiarato la fine del Cretaceo nonché del regno

della specie imperante, i dinosauri.

È così che si sono fatti largo i mammiferi. Nei successivi 43 milioni di anni (il periodo chiamato Paleogene), partendo da qualcosa di vagamente simile a un topo, si sono diversificati al punto di dividere la linea ereditaria in ordini diversi come i chiroteri (i pipistrelli), i cetacei (le balene), i perissodattili (i cavalli) o gli ominidi (tutti estinti fuorché l'*Homo sapiens*). Come risultato, il dominio delle uova è stato rimpiazzato da quello delle placenti.

È tutto un altro modo di fare i genitori.

L'uovo sa badare a se stesso e, appena si schiude, il rettile nascituro è

pronto a muoversi nel mondo. Invece, con la placenta o il marsupio la giovane prole ha bisogno di attenzioni, di protezione, di calore e di cibo. E ha anche bisogno che gli vengano insegnate un po' di cose, in quantità variabile a seconda della specie: nessuna specie va a scuola a lungo quanto l'*Homo sapiens*. Ecco su quale linea si è evoluto il sistema limbico: per gestire i segnali emotivi necessari alla nuova, emergente socialità. [►50] E la socialità richiede di saper comprendere, per quanto possibile, i bisogni degli altri.

Si chiama proprio così: **Teoria della mente**. Significa essere coscienti che gli stati mentali altrui, come i desideri o le intenzioni, esistono e sono separati dai

propri. Non è una cosa da poco, perché lei non ha accesso dentro un altro encefalo, eppure dà per scontato che sia popolato di pensieri come il suo. Ebbene, un gradino più in alto c'è l'empatia. Ovvero la capacità tutta umana di mettersi nei panni di un altro cervello. O di più cervelli contemporaneamente. Se gli scimpanzé hanno una rudimentale Teoria della mente e un certo grado di capacità empatiche, di certo non riescono a concepire cose del tipo: «Immagino che Maria sappia che mi piacerebbe se facesse la pace con Alberto, ma non vorrei che poi dicesse tutto a Sara». Queste sono cose da umani.

Anche in questo caso, l'empatia non

è strettamente associata a un'area del cervello, non c'è accordo sulla sua definizione e sono stati proposti più modi di catalogarla. Comprende certamente un vasto ventaglio di emozioni, che vanno dall'intuire i pensieri e i sentimenti di un altro cervello, fino al desiderio di aiutarlo e sostenerlo se ne ha bisogno. In qualche caso si possono sperimentare le stesse emozioni dell'altro, come se tra i rispettivi sistemi limbici ci fosse un collegamento *wireless*. In molti casi si può avvertire il dolore di una persona conosciuta solo dalle cronache del telegiornale, e mai veramente incontrata. E il suo cervello può addirittura preoccuparsi per le sorti di un

personaggio che neppure esiste, nel buio di una sala cinematografica.

L'empatia, una necessità del cervello mammifero e un capolavoro del cervello primate, [▶56] sta tanto alla base della prosecuzione della specie che dell'apparizione della civiltà. La capacità di trasmettere e ricevere sofisticati messaggi emotivi, la facoltà di proiettarsi nella condizione mentale, o anche fisica, di un altro organismo vivente sono funzioni semiautomatiche di ogni cervello umano. Beninteso, con le consuete differenze.

Tutti possiedono la capacità neuronale di rappresentare un modello interiore della realtà esterna. Succede nel seguire l'evento sportivo preferito in

televisione, dove il modello interiore di uno spettacolare gesto atletico genera piacere (anche con il contributo dei **neuroni specchio**, ritenuti responsabili dei processi emulativi). Succede nel guardare un film (Indiana Jones in quella stanza piena di serpenti fa venire i brividi) e succede con gli amici al bar (qualsiasi racconto innesca una costruzione neuronale di scene, fatti, situazioni). In particolare, è nella parte anteriore dei lobi temporali [►62] che il suo cervello ricostruisce internamente la realtà: per capire qualcuno, lei usa se stesso come modello. È già un bel passo avanti verso l'empatia.

Perdipiù, il suo cervello è in grado di proiettarsi con l'immaginazione non

solo in un altro luogo ma anche in un altro tempo o sotto un'altra identità. Il che è funzionale al sapersi mettere “nei panni” di qualcun altro.

Numerosi studi confermano che l'empatia risulta più marcata nei cervelli di modello femminile, insieme a una certa inclinazione per il linguaggio, la comunicazione e i rapporti umani. [▶175] Al contrario, il modello maschile risulta essere più attratto dai sistemi, dalle macchine, dalle categorizzazioni. Il che ha portato a una curiosa teoria: che l'autismo sia una forma estremizzata di cervello maschile.

Chi rientra nello spettro autistico – così chiamato perché si tratta di un malfunzionamento altamente variabile

per fenomeni e intensità – ha piccole o grandi difficoltà nel comprendere il contenuto emotivo di un’espressione facciale o le allusioni di una frase, fino al punto che il modulo dell’empatia può risultare del tutto non funzionante. L’idea dello psicopatologo Simon Baron-Cohen (professore a Cambridge) è che una sorta di iper-mascolinizzazione sia alla base di questa patologia che, peraltro, colpisce i cervelli di modello femminile [▶176] solo nel 20% dei casi. [▶196] Purtroppo, l’empatia non è un semplice accessorio, per un membro della società umana.

Non lo è neppure per medici e infermieri che però, per questioni squisitamente professionali, devono

aver trovato il modo di regolare il “volume” dell’empatia. Le scansioni con la risonanza magnetica funzionale dimostrano che, di fronte alla vista di un ago che s’infilava nella carne, un cervello di chirurgo è sinapticamente molto meno attivo della media. Questo fenomeno – sacrosanto, fra i professionisti della sanità – ha il suo rovescio della medaglia, ad esempio in un giovane soldato che non sopportava l’idea di uccidere, ma che dopo tre mesi di guerra non ci fa più caso.

L’avventura del genere umano non è segnata soltanto dall’empatia e dalla collaborazione, anzi. Dai libri di storia sembra aleggiare un’assenza di empatia, una competizione per le risorse che

sfocia in un conflitto dopo l'altro. Ma la realtà è un po' diversa. Secondo la Teoria dei giochi – il modello matematico di conflitti e cooperazioni fra “giocatori” intelligenti e razionali, proposto dal matematico John von Neumann nel 1944 – ci sono giochi a somma zero, dove uno vince e l'altro perde come il tennis o la boxe, ma anche **giochi a somma non-zero**, dove tutte le parti guadagnano qualcosa.

Il progresso sociale, scientifico, medico, artistico, tecnologico, economico e perfino politico degli ultimi cinque, dieci o venti secoli si è basato su una moltitudine di piccoli e grandi giochi a somma non-zero fra cervelli empatici. La diffusione costante

– e crescente – di idee, scoperte, tecniche e soluzioni ha contribuito a un'evoluzione culturale che è come una protesi, un allungamento di quella biologica. Non sarebbe mai successo se, nel cervello dell'ultima specie ominide rimasta sul pianeta Terra, non fosse apparsa la coscienza.

Guardare la storia dall'alto, può cambiare la visione del mondo.

6.3.3 Weltanschauung

Alla fine, c'è la percezione globale del tutto. Tutto insieme: sé, gli altri, l'universo, la cultura accumulata, le credenze, le convinzioni, le idee, le

inclinazioni, i valori, l'etica e tutto quello che si portano dentro. È la visione del mondo o, come per primo la definì Immanuel Kant, la *Weltanschauung*; appellativo di una componente della coscienza che, non solo per la sua intima vicinanza alla filosofia, preferiamo lasciare in tedesco.

La *Weltanschauung*, il mosaico di una miriade di idee ricomposto dal cervello, racchiude tutti i suoi punti di vista, la sua filosofia di vita. Dentro c'è l'epistemologia, la sua interpretazione della natura della conoscenza; la metafisica, le sue considerazioni sulla natura fondamentale della realtà; la teleologia, ovvero se ci sia o meno una finalità nell'esistenza dell'universo. E

poi ancora la cosmologia, l'antropologia, per non parlare dell'assiologia: cosa è giusto, cosa è sbagliato?

La visione del mondo è assai sfocata, nell'infanzia. Nell'adolescenza può essere oggetto di un gran subbuglio. Poi, pian piano, si fa più chiara e definita. Quando l'età adulta avanza – complici i meccanismi cognitivi del potenziamento a lungo termine [►159] – può addirittura radicalizzarsi, nel senso che diventa più difficile cambiare idea o prospettiva. Tuttavia, sembra mantenersi decisamente più flessibile nei cervelli che hanno elaborato e immagazzinato informazioni per tutta la vita: è anche per questo, che a tutti i cervelli si

raccomanda l'apprendimento continuo.
[▶210]

Anche la *Weltanschauung* è in continuo movimento. Per via della natura plastica del cervello, è influenzata dall'ambiente sin dai primi giorni di vita [▶83] e in teoria non s'interrompe mai, perché nuove informazioni, nuovi eventi aggiungono e cambiano le idee, anche sotto l'influenza, più o meno consapevole, dei pregiudizi cognitivi di cui tutti i cervelli possono essere vittime, incluso il suo. [▶186] Tuttavia, siccome il cervello è anche dotato della funzione semiautomatica dell'empatia, le resterà facile capire che le visioni del mondo di una donna nata e vissuta in un arcipelago

del Pacifico, di un contadino pakistano al confine “caldo” con l’India e di un’avvocatessa di Goldman Sachs a New York sono alquanto diverse fra di loro.

Ma c’è solo la cultura? O pesa anche la natura, la genetica? Prendiamo la predisposizione alle novità, che è considerata dagli psicologi uno dei tratti fondanti della personalità di un cervello [►146] e che ha molto a che fare con la visione complessiva del mondo. Difatti è comunemente associata con il lato sinistro dello spettro politico, così come il suo opposto viene associato al pensiero più tradizionalista dei conservatori. Ovviamente non scarseggiano gli studi sul cervello e la

sua inclinazione politica. In generale sembra che i *liberals* abbiano i giri cingolati anteriori [►56] (le parti della corteccia frontale che stanno sopra il corpo calloso) leggermente più grandi, mentre i conservatori registrerebbero un'ipertrofia dell'amigdala destra.

Anche se talvolta può esserci una componente genetica, una cosa è sicura: l' *Weltanschauung* viene trasmessa prima dalla famiglia, poi dagli amici e dalla scuola. Più tardi, si sommano plasticamente le interazioni sociali, gli studi, il lavoro, la televisione o la bolgia informativa del Web. Rinforzata dal cosiddetto “pregiudizio della conferma” (la tendenza psicologica a cercare informazioni o amicizie che

confermino le credenze già esistenti), si radica stabilmente nel cervello. [▶186] Perché, si sa, il cervello ha la fissazione di prevedere il futuro, [▶65] di individuare modelli riconoscibili [▶105] ma anche di catalogare, ovvero mettere ogni cosa in una specifica casella.

Parole ruvide, come «clandestino», «negro» o «frocio», richiamano prontamente in ciascun cervello una categoria associata. Nel nostro esempio, le categorie prescelte da un cervello di estrema destra e da uno di estrema sinistra (nonché da uno appartenente alle infinite gradazioni intermedie) saranno sensibilmente diverse.

La visione del mondo include la morale. Pur senza che il suo cervello

disponga di un “centro morale”, il lato inibitorio della moralità sembra essere connesso con la corteccia prefrontale e con le amigdale, le sedi di razionalità e impulsività. A riprova di questo, le scansioni fMRI di cervelli catalogati come “antisociali, violenti e psicopatici” dimostrano che i loro meccanismi inibitori non funzionano affatto bene.

E qui le cose, moralmente parlando, si ingarbugliano. Se i comportamenti antisociali sono causati da una particolare malformazione cerebrale, sono veramente da condannare? Se un atto di elevata gravità è connesso alla genetica e/o a un’infanzia terribile, il cervello che l’ha concepito è da

rinchiudere dietro alle sbarre? Se i livelli di testosterone dell'imputato erano così alti da potenziarne la violenza, risolviamo il problema con una condanna a morte?

Ecco, la reazione sinaptica che lei ha avvertito in questo momento, nel leggere il precedente capoverso, può fornirle un campione della sua *Weltanschauung*. Qualunque sia il giudizio morale che il suo cervello ha prontamente espresso su un tema così spinoso – i confini biologici della colpevolezza – dobbiamo sottolineare che la neuroscienza continua a trovare buoni motivi per rivedere, in qualche modo, l'intero sistema giudiziario internazionale, a cominciare da quei

Paesi che hanno ancora la cattiva abitudine di brandire la pena capitale.

Così come c'è una visione del mondo che è condivisa e riconoscibile attraverso le diverse culture umane fino al punto di essere oggetto di barzellette («Un italiano, un francese e un inglese entrano in un bar...») potremmo azzardare l'idea che esista anche una *Weltanschauung* universale, in qualche modo condivisa dal genere umano. Gli umani che popolavano il mondo prima che sapessimo che la Terra è rotonda, o che tutta la vita si riproduce usando esattamente lo stesso codice segreto, avevano di sicuro una visione collettiva del mondo ben diversa.

Chissà che in questo secolo,

globalizzato e interconnesso, nel giro di una generazione o due non spunti una *Weltanschauung* universale che sia universale per davvero.*

6.4 **OLTRE LA COSCIENZA**

Oltre la coscienza risiede la stragrande maggioranza delle attività cerebrali. Quel che lei riesce ad avvertire, anche focalizzando l'attenzione sull'intero ambiente che la circonda, è solo una minima parte del lavoro neuronale sottostante. E questo, considerata la complessità strutturale del sistema nervoso centrale, può anche essere facile da accettare. Ma quel che al suo cervello resterà forse indigesto, è che anche il comportamento – la cosa più cosciente che c'è, perché le proprie azioni e parole sono sempre in primo

piano – opera in gran parte sotto la soglia della coscienza.

I concetti di inconscio e subconscio sono diventati popolari con l'opera di Sigmund Freud, che all'inizio li usò entrambi, salvo poi concentrarsi sul primo. Il secondo viene talvolta usato in contesti non strettamente scientifici. Per evitare confusioni, questo manuale preferisce riferirsi ad **attività subliminali**, dal latino “sotto la soglia” della coscienza.

Freud stesso arrivò alla conclusione che le attività cerebrali subliminali influenzano il comportamento. Ma la soluzione terapeutica da lui proposta e praticata – andare a scavare in un passato inconscio popolato da strani

sentimenti per i genitori – è un tantino discutibile. Un po' perché la psicoanalisi non è una scienza esatta (il suo successo dipende dal singolo paziente e dal singolo terapeuta), ma soprattutto perché il cervello cosciente non ha comunque accesso al cervello subliminale. Al contrario di quel che si ritiene comunemente, non sembra esistere neppure un'area cerebrale specializzata dedicata alla gestione delle attività sotto la soglia della coscienza: Freud, morto nel 1939, mezzo secolo prima dell'invenzione della risonanza magnetica funzionale, non poteva saperlo.

Al giorno d'oggi, il concetto classico di coscienza – l'idea che tutti i processi

mentali siano consapevolmente accessibili all'utente di un cervello – è morto e sepolto. E non c'è bisogno di andare troppo lontano. Un senso che riteniamo infallibile come la vista può essere ingannato da un'autentica pletera di illusioni ottiche. [▶105] Una funzione cerebrale come la memoria è basata largamente su processi al di sotto della coscienza e la memoria implicita (scrivere a penna, andare in bici) lo è del tutto. [▶69, 188] Una capacità straordinaria che diamo per scontata, come il linguaggio, funziona grazie al fatto che i due sistemi lavorano in tandem per produrre una sequenza di fonemi che risiedono sotto il livello della coscienza e che si manifestano

come un ragionamento cosciente, una parola alla volta.

Il sistema cosciente opera in **modalità seriale**, ovvero con una singola serie di operazioni in sequenza: non a caso, come lei sa bene, è difficile pensare a più di una cosa alla volta. Il sistema sotto la soglia della coscienza, invece, macina una ben maggiore quantità di informazioni – dalle emozioni ai ricordi – in **modalità parallela**, cioè integrandole tutte quante insieme contemporaneamente. Ovviamente, i due sistemi operano come una cosa sola e questa è precisamente la sensazione che lei avverte.

L'importante è sapere che quando lei sceglie la casa da comprare, il titolo

azionario da vendere o addirittura la persona da sposare, la razionalità non è l'unica risorsa a sua disposizione, per prendere la decisione azzeccata. O sbagliata che sia.

6.4.1 Sistema della ricompensa

Se in questo istante lei sta sperimentando la coscienza di esistere, è fondamentalmente grazie a due fattori.

1. Milioni di suoi antenati sono sopravvissuti fino all'età riproduttiva.
2. Si sono tutti riprodotti.

Se uno solo di loro – lungo un albero genealogico ben più antico del genere

umano – non si fosse difeso dai pericoli, non si fosse nutrito e curato, e se un bel giorno della vita non avesse avuto una spinta sessuale, lei non sarebbe qui.

Se, come immaginiamo, la cosa le fa piacere, sappia che ha appena avvertito una scarica di dopamina. È la stessa molecola che allontana la gente dai rischi e intanto la avvicina al cibo, e al sesso.

Avvicinarsi o allontanarsi. Accettare o evitare. Tutti i cervelli del mondo si sono evoluti con questo modulo automatico incorporato e subliminale, per volgari motivi di sopravvivenza: avvicinati al cibo o allontanati, accetta o evita. Il modulo viene chiamato *sistema della ricompensa* perché si attiva

producendo stimoli cerebrali che “ricompensano” una determinata azione o che viceversa la scoraggiano. Il sistema lavora in tandem sia con il modulo dell’apprendimento [►159] (che può rinforzare la motivazione a ripetere l’azione), sia con quello della memoria [►69] (per ricordarsi la lezione nel futuro). Dire che tutto questo è vitale anche per la società moderna, è dire poco: senza il sistema della ricompensa, l’hamburger con patatine, l’orgasmo, Internet, le scommesse, la cocaina e lo shopping non sarebbero più gli stessi.

La valuta generalmente usata dal sistema della ricompensa è la dopamina. [►32] Dal mesencefalo, e precisamente dall’area tegmentale ventrale o VTA,

[▶48] partono gli assoni dei neuroni dopaminergici che si propagano fino a raggiungere i *nuclei accumbentes* [▶55] (il cosiddetto **sentiero mesolimbico**: dal mesencefalo al sistema limbico) e altri che raggiungono la corteccia prefrontale (**sentiero mesocorticale**). Si chiamano dopaminergici perché sono capaci di rilasciare dopamina alle sinapsi. Attraverso altri sentieri, la VTA spedisce dopamina anche alle amigdale (emozioni), [▶51] agli ippocampi (memoria degli eventi) [▶52] e allo striato (apprendimento). [▶55] Ci sono anche altri sentieri che partono dalla *substantia nigra*, [▶48] sempre dal mesencefalo.

Ebbene, senza che lei abbia la

minima consapevolezza di questo garbuglio di eventi elettrochimici, quando i neuroni dopaminergici fanno fuoco lei avverte una sensazione di piacevolezza che la spinge ad “avvicinarsi”, della quale resterà un ricordo emotivo associato e una consapevolezza, più o meno cosciente. Ma se ad esempio annusa del cibo avariato, la sua VTA registra che si tratta di una cosa dalla quale allontanarsi e prontamente segnala ai *nuclei accumbentes* di generare il disgusto, assicurandosi anche di informare gli ippocampi di non avvicinarsi mai più al cibo di colore blu.

Il fatto che senza la dopamina niente

sarebbe lo stesso, ce lo hanno rivelato i poveri topi da laboratorio (che con gli *Homines sapientes* condividono circa il 97,5% del patrimonio genetico). Quando viene loro somministrata una sostanza che blocca i recettori della dopamina, smettono di mangiare, potenzialmente fino alla morte. Non appena i recettori vengono riattivati, ricominciano a nutrirsi come se niente fosse.

Gli scimpanzé, invece (98,8% del genoma in comune con gli umani), ci hanno rivelato che non è del tutto corretto chiamare la dopamina «molecola del piacere». In numerosi studi di laboratorio hanno dimostrato che, al contrario di quel che si credeva, la ricompensa neuronale non “fa fuoco”

alla fine, ma *prima* di compiere l'azione. [▶65] O meglio: all'inizio la dopamina irrorà il cervello quando la cavia scopre che tirando la leva tre volte piove dal cielo una ricompensa edibile. Dopodiché, quando ha imparato come fare, il neurotrasmettitore irrorà il suo cervello per provocare l'azione *ex-ante*, non per premiarla *ex-post*. La nuova idea è che la dopamina, più che del piacere, si occupi del volere.

Ma gli esperimenti su scimpanzé, macachi e altri primati hanno aggiunto un'altra tessera al puzzle del sistema della ricompensa. Se dopo aver imparato il trucco, l'animale si abitua col tempo ad auto-dispensarsi ricompense a volontà, quando il gioco si

interrompe (per opera di uno scienziato sadico), lui si innervosisce. Diciamo che mostra i sintomi della bramosia: vuol dire che l'attivazione del sentiero dopaminergico è diventato un'abitudine.

Le **abitudini** sono una specie di circolo che si ripete e ci tornano utilissime nella vita quotidiana. Lei ha messo tutta l'attenzione possibile nell'imparare la sequenza di operazioni che accendono il motore e fanno muovere un'automobile; oggi esegue le stesse procedure senza neppure accorgersene. Ma le abitudini servono anche a far girare il sistema economico. Se il solo camminare davanti a *quella* gelateria è il segnale che scatena l'impulso ad accaparrarsi un cono alla

crema, dipende dalle abitudini incorporate nel modulo subliminale della ricompensa. Grazie a questo modulo la pubblicità, il marketing e lo studio psicologico dei consumatori macinano fatturati e profitti su scala planetaria: se la VTA della signora si attiva *prima* di prendere quella marca di dentifricio dallo scaffale, vuol dire che il *commercial* televisivo ha colpito nel segno.

A volte, però, le abitudini prendono il sopravvento sull'intero sistema e diventano in qualche modo prioritarie. Il "volere" si trasforma in bisogno impellente, talmente impellente da rovinare la salute, la reputazione, il lavoro, la famiglia. A questo stadio, si

chiamano **dipendenze**. [►189]

È qui che l'hamburger con patatine, l'orgasmo, Internet, le scommesse, la cocaina e lo shopping salgono tutti sullo stesso piano. Il rovescio della medaglia della plasticità neuronale è che si può indifferentemente diventare dipendenti dai cibi grassi, dal porno su Internet, dai videogiochi, dalla roulette, dall'alcool o dal carrello della spesa, talvolta con ripercussioni spiacevoli. Mentre prosegue la ricerca scientifica sul perché non tutti i cervelli siano inclini a sviluppare queste dipendenze, recenti studi hanno portato a individuare il sentiero psicologico e neuroplastico da percorrere, anche solo per uscire da piccole abitudini indesiderate. [►189]

In ultima analisi, l'intero sistema della ricompensa è un complesso mosaico di esperienze che sono istantanee nel presente, ma anche durature perché coinvolgono la memoria del passato. E proiettate nel futuro perché, in definitiva, servono a prendere delle decisioni che sicuramente lei ritiene scelte razionali e consapevoli. Ci dispiace informarla che, anche quelle, sono in gran parte subliminali.

6.4.2 Libero arbitrio

Poco fa, invece di mettersi a leggere le email, ha deciso di prendere in mano un libro. Ha sfogliato qualche pagina e

scelto di fermarsi proprio qui (anche se poteva sceglierne un'altra). Avrebbe potuto anche chiuderlo all'improvviso e accendere la tivù, invece lei ha deciso di continuare fino a queste parole.

La vita di ogni giorno appare come una sequenza di libere scelte. Purtroppo, secondo molti filosofi e scienziati, tutta questa grande libertà è semplicemente un'illusione. Il libero arbitrio non esiste. Leggendo questo libro e queste esatte parole, lei ha solo seguito un copione predeterminato.

Una simile affermazione fa a pugni con l'esperienza quotidiana ma, ammettendo che questa sia davvero un'illusione, fa a pugni anche con i consueti rapporti di causa ed effetto ai

quali siamo abituati, fino al punto di mettere in dubbio il concetto di responsabilità che sta alla base di tutti i codici civili e penali del mondo. E anche di molte dottrine religiose, dato che regole o comandamenti sono implicitamente basati su una larga disponibilità di libero arbitrio. Non a caso, è anche un tema che finisce per irritare molti cervelli.

Qualora lei rientrasse in questo gruppo, preferiamo non lasciarla sulle spine e, al fine di placare gli ormoni dello stress che ha attualmente in circolazione, le anticipiamo tre cose: che si tratta di un mistero ancora senza soluzioni certe, che molto dipende dal modo in cui viene definito e che è

ragionevole ritenere che almeno qualche dose di libero arbitrio sia a sua disposizione. Ma andiamo per ordine.

Non c'è filosofo della storia che non abbia detto la sua sul libero arbitrio, da Aristotele a Kant. La complessità delle idee che sono circolate in secoli di critiche e riflessioni è monumentale. Per semplificare all'estremo, potremmo dire che il libero arbitrio non è compatibile con il **determinismo**, l'idea che per ciascun evento esista una causa che non può che provocare lo stesso evento. Si tratta di un concetto che origina dall'antica Grecia, ma che ha trovato terreno fertile da quando Isaac Newton ha dimostrato che l'universo si muove secondo una serie di implacabili leggi

della fisica. Il corpo umano (cervello incluso) è composto da atomi: gli stessi che compongono il macrocosmo deterministico nel quale lei vive attualmente.

Senonché, quasi un secolo fa, è stato scoperto che nel microcosmo di quegli atomi le regole del gioco cambiano sorprendentemente. Nel mondo picoscopico della **meccanica quantistica** (un atomo di idrogeno è grande 25 picometri, 25 milionesimi di milionesimi di metro) gli “oggetti”, come fotoni o elettroni, esibiscono una doppia natura di onde e di particelle, ma soprattutto sono governati dall'incertezza: alle dimensioni delle particelle subatomiche, la sicurezza

deterministica viene rimpiazzata dalla probabilità.

Fin quando, nel 1985, lo psicologo Benjamin Libet non s'inventa un esperimento per misurare il lasso temporale che intercorre fra la volizione e l'azione. Collegando i suoi soggetti a un elettroencefalografo che registra l'attività cerebrale e a un elettromiografo che rileva l'attività muscolare, Libet chiede loro di piegare il polso a certi intervalli, segnalando il momento esatto in cui decidono di farlo. E scopre una cosa sorprendente: nell'area della corteccia frontale deputata a preparare i movimenti, si registra un'attività cerebrale chiamata **potenziale di prontezza motoria**, 350

millisecondi prima che il soggetto si dichiari cosciente della propria azione. Per molti è la riprova che gli atti volontari e le decisioni comincino subliminalmente, oltre la soglia della coscienza. Per il libero arbitrio non c'è spazio.

Già si potevano levare dubbi etici sui confini biologici della colpevolezza [▶135] ma l'assenza *tout court* di libero arbitrio si concilia malissimo con una civiltà basata sulla responsabilità civile e penale. Anzi, può essere addirittura dannosa. In uno studio psicologico del 2008, a due gruppi sono state lette due diverse citazioni di un celebre scienziato: al primo, una generica affermazione sul tema della coscienza e

al secondo una che escludeva categoricamente l'esistenza del libero arbitrio. Poi è stato organizzato un gioco con ricompensa economica, dove però era facile intuire come fare a barare. Ebbene, chi si era sentito alleggerito del libero arbitrio si è dimostrato il 45% più incline a comportarsi immoralmente.

Fortuna vuole che, in mezzo a deterministi, libertaristi, incompatibilisti e revisionisti – solo alcune delle correnti di pensiero che si confrontano in questa disfida – ci sono anche i **compatibilisti**. Ovvero quelli che ritengono che per il libero arbitrio ci sia un po' di spazio anche nell'universo deterministico.

Il fisico inglese Roger Penrose ha

suggerito che la meccanica quantistica, che regola la materia a livello subatomico, potrebbe spiegare tanto l'esistenza della coscienza che quella del libero arbitrio. C'è chi contesta questa ipotesi (ad esempio sostenendo che non coincide con la temperatura operativa del cervello) e chi l'ha abbracciata al punto di trasformarla in fantasiose teorie sulla “mente quantistica”. [▶201]

Il filosofo Daniel Dennett, autore del libro *L'evoluzione della libertà*, sostiene che «siamo più liberi delle parti che ci compongono, senza bisogno di aggiungere niente di misterioso» in quanto la differenza non sta nella fisica, ma nella biologia. Un miliardo di anni

fa, sulla Terra non c'era alcuna traccia di libero arbitrio. Poi, pian piano, l'Evoluzione ha aggiunto agli organismi viventi sempre maggiori capacità e competenze, che nell'*Homo sapiens* sono letteralmente esplose, fino a incorporarne una che è un'esclusiva nel mondo animale: saper prevedere le conseguenze future delle proprie azioni. È la base della moralità e della vita sociale.

Ci pensi bene. Se qualcuno le chiedesse «perché hai fatto questo?», lei sarebbe in grado di rispondere in modo preciso e razionale. Il cervello comanda le azioni per motivi che gli vengono rappresentati a livello cosciente, ma che sono influenzate a livello subliminale. È

possibile che la soglia fra questi due livelli sia variabile. Se lei si esprime in una lingua che sta ancora imparando, farà un notevole sforzo a livello cosciente per associare verbi e coniugazioni. Ma nella sua lingua-madre, è la parte inconscia a prendere il sopravvento. Pensiamo a un sassofonista nell'atto, per lui naturale, di improvvisare sull'armonia di una canzone: nello scorrere delle note che suona, potrebbe anche dover assumere cinque o dieci "decisioni" al secondo. A livello conscio non avrebbe mai il tempo sufficiente per farlo, a meno di non far ricorso alla musicalità che ha integrato subliminalmente nel suo encefalo. Non c'è uno spirito che lo

guida, non c'è un destino che lo controlla, ma fa tutto un cervello che – composto di una parte visibile e di una parte invisibile a lui stesso – funziona benissimo come una cosa sola.

Certo, come sostiene l'eminente biologo Jerry Coyne, potrebbe anche essere vero che «il libero arbitrio è un'illusione talmente convincente che la gente non vuol credere che non esista». Non crederci però, come abbiamo visto, non fa bene né alla salute né alla società.

«Lei crede nel libero arbitrio e nell'autonoma capacità di scelta?», fu chiesto in pubblico al giornalista e scrittore Christopher Hitchens. Che prontamente rispose: «Non ho scelta».

6.4.3 Personalità

L'uomo più fortunato del mondo si chiama George, ma nessuno sa chi sia, né dove viva. Nel 1983, come rivelato più tardi da uno studio scientifico, George decide di farla finita. Ha 19 anni, è un bravo studente e sa bene che la diagnosi non gli lascia scampo: il suo disturbo ossessivo-compulsivo [►199] lo costringe, fra le altre cose, a lavarsi le mani decine e decine di volte al giorno. La sua vita sociale è compromessa, quella interiore è sottosopra. Un giorno prende una pistola e si spara alla testa. I medici lo operano. Lui sopravvive. Stavolta però, è finalmente libero dalle sue ossessioni: il proiettile si era

portato via il centro neuronale del suo disturbo, di fatto trasformandolo in un'altra persona.

George è stato perfino più fortunato di Phineas Gage che, sopravvissuto a una ben più vasta perforazione di un lobo frontale, fu vittima di un drastico peggioramento della personalità. [▶60] Ma è grazie a lui che gli scienziati del suo tempo, a metà Ottocento, cominciarono a sospettare l'esistenza di un legame diretto fra la biologia e il comportamento.

Il comportamento – che origina dalla somma della coscienza, più tutto il marasma subliminale sottostante – è l'espressione nel tempo e nello spazio della personalità individuale. E la

personalità è quell'inconfondibile impronta di ciascuna mente umana, fatta di una miscela indefinita di valori, memorie, relazioni sociali, abitudini, passioni, interessi.

Gli psicologi, che studiano e classificano i comportamenti, hanno prodotto numerose classificazioni, per cercare di incasellare il ventaglio di personalità esibito dalla razza umana. L'approccio forse più conosciuto e utilizzato divide il mondo in cinque categorie, presupponendo che tutti i cervelli rientrino in ciascuna, secondo una gradazione più o meno elevata.

L'**apertura**, ad esempio, definisce la predisposizione alle novità. Lei può essere incline a rifuggire da qualsiasi

nuova esperienza, intellettuale o sensoriale che sia. Oppure può ritenere che tutto quel che non ha mai fatto, visto, ascoltato o assaggiato vada fatto, visto, ascoltato o assaggiato per principio. Più facilmente però, il suo cervello risulterà collocato in un punto intermedio fra questi due estremi.

La **coscienziosità** divide coloro che programmano e organizzano la propria vita nei minimi dettagli, rispettando le scadenze come se fossero legge, da quelli che lasciano tutto al caso, non si preoccupano di nulla e chi se ne frega delle scadenze. Inutile dire che quasi nessun cervello al mondo è così esagerato: la maggioranza rientra nelle colorazioni intermedie dell'arcobaleno

della coscienziosità.

L'**estroversione** è l'esempio più appariscente delle possibili gradazioni cromatiche della personalità, forse perché agli occhi degli altri è più evidente e "misurabile". Il cervello più estroverso non è il primo ad arrivare alla festa o alla cena, ma è quello che attira le attenzioni su di sé fino all'ultimo istante. Al contrario, il cervello introverso per eccellenza non è quello che se ne sta in un angolo col bicchiere in mano o che se ne va per primo. È quello che alla festa non si presenta proprio.

L a **gradevolezza**, in compenso, dipende dal rapporto con gli altri e quindi può risultare ancora più

soggettiva e mutevole. Le gradazioni vanno dal cervello che fa di tutto per essere amato da chiunque, a quello che fa di tutto per essere odiato.

Infine, c'è il **neuroticismo**, la categoria più complicata da ogni punto di vista, dove i cervelli con un alto "punteggio" tendono a sperimentare emozioni negative come ansietà, paure, rabbie, frustrazioni, gelosie, sensi di colpa e via dicendo.

Queste cinque categorie, che qualcuno chiama affettuosamente "Big Five", rischiano di escludere alcune sfumature salienti del ben più complesso mosaico dell'espressione umana, anche se aiutano a comprenderne l'estrema variabilità.

Le vere domande sono altre: cosa determina la personalità? Dove risiede? Conta più la natura o la cultura?

Tendenzialmente, lo stesso cervello si comporta diversamente a sessant'anni rispetto a quando ne aveva venti, spesso restringendo la propria apertura alle novità. Ma anche all'interno di una sola giornata – per effetto degli accadimenti, dell'ambiente o degli ormoni in circolazione – il grado di estroversione o di coscienziosità possono mutare drasticamente. Eppure, come avrà notato anche lei, gli altri cervelli ci appaiono sostanzialmente stabili in quel che chiamiamo temperamento, o carattere: il bambino con uno spiccato senso dell'umorismo (ecco una sfumatura che

sfugge ai Big Five) tende a essere divertente anche da adulto. Il motivo di questa discrepanza sta nel fatto che la personalità è segnata tanto dalla natura del patrimonio genetico, che dalla cultura dell'ambiente familiare. Ma stavolta non in maniera equilibrata.

Se il DNA e l'ambiente risultano avere un peso *fifty-fifty*, ad esempio nella costruzione dell'intelligenza, quando si parla di personalità le cose cambiano.

Numerosi studi, neurologici e psicologici, dimostrano che il grado di estroversione o di neuroticismo dipendono più dai cromosomi della mamma, che da quello che lei stessa fa o dice al bambino. In altre parole, la

“natura” forgia la personalità assai di più della “cultura”.

Quest’idea, esposta e argomentata nel 1997 dalla psicologa Judith Rich Harris, ha completamente ribaltato la visione precedente, che era peraltro basata sul senso comune: una famiglia violenta produce un figlio violento; un genitore estroverso alleva un figlio estroverso.

E invece tutto contribuisce a indicare che la nuova intuizione è quella giusta: per quanto un genitore possa sforzarsi nel cercare di modellare la personalità dei figli, il suo esercizio è pressoché inutile. È uno di quei rari casi in cui nasce prima la gallina dell’uovo. Se un genitore è un tipo sportivo, i figli

saranno atletici. Se ama leggere, è assai probabile che amino leggere. Più che una questione di *imprinting*, però, è che le rispettive inclinazioni sono vergate nei geni di madre e padre che si sommano – quelli sì *fifty-fifty* – nel genoma.

Una moltitudine di studi, perlopiù su coppie di gemelli (che quindi condividono sia il patrimonio genetico che la cameretta) confermano questa ipotesi. Ma c'è anche dell'altro. Un complicato studio realizzato in Danimarca qualche anno fa ha esaminato oltre 14mila adulti adottati nell'infanzia e, confrontando la loro fedina penale con quella dei genitori adottivi e biologici, ha rilevato che l'inclinazione

a un comportamento criminale ha una componente ereditaria. Un altro studio condotto nel 2015 sempre dall'Università di Copenhagen, insieme a quelle della Georgia e del Texas, è andato a curiosare (per fortuna con la risonanza magnetica) nell'anatomia cerebrale di 107 scimpanzé, tutti classificati secondo i rispettivi temperamenti. È venuto fuori che quelli con una personalità dominante avevano più materia grigia nella corteccia prefrontale destra; quelli classificati come aperti ed estroversi, invece, nella corteccia cingolata anteriore di entrambi gli emisferi. E via dicendo.

Non si preoccupi: non è una brutta notizia. Lei ha appena scoperto perché

nessuno, a meno di violenze o reclusioni, può avere accesso alla sua personalità. Ma questo non vuol dire che non ce l'abbia lei.

D'accordo, chi rifugge le feste difficilmente diventerà una regina delle feste; chi ama farsi carico delle responsabilità, piccole e grandi, difficilmente inizierà a fare l'assenteista. Il cervello però è plastico. La personalità è influenzata dal sistema della ricompensa, che spesso si può plasticamente correggere. Una persona poco coscienziosa può decidere di aumentare il proprio grado di affidabilità di fronte a qualche tragedia della vita, o semplicemente se si accorge che gli conviene. Una persona

incline a nutrire più paure della dose consigliata (se non ha oltrepassato il confine patologico) può imparare a moderare il proprio neuroticismo. [▶170]

A patto, però, di avere almeno un'idea del centro di controllo e dei suoi intricati meccanismi.

* Il concetto di *umami*, una parola giapponese che sta per “gusto saporito”, risulta molto più familiare ai cervelli che abitano in Oriente, la cui cucina fa grande uso di glutammato monosodico, anche conosciuto come “esaltatore di sapidità”.

* E il mal di testa, allora? Nel cranio ci sono altre strutture che contengono recettori del dolore, come i nervi cranici o le meningi, le membrane che avvolgono il cervello e trattengono il liquido cerebrospinale. [▶40]

* Le emozioni indotte dall'amore, e anche dal semplice concetto di Amore, possono essere sensibilmente diverse, a seconda del modello di cervello utilizzato. [►175]

* Il fenomeno è ancor più curioso se si pensa che, al contrario, l'auto-solletico non funziona.

* Sarebbe davvero utile per risolvere quei due o tre problemini su scala planetaria, a cominciare dal riscaldamento climatico che rischia di sovvertire l'equilibrio termico della Terra. Secondo l'esperienza fatta fin qui, le *Weltanschauung* "locali" sembrano non sortire gli effetti politici ed economici desiderati.



7.0 PANNELLO DI CONTROLLO

Dal pannello di controllo lei può regolare le funzioni volontarie del suo cervello, come la motivazione, l'attenzione, l'apprendimento, l'immaginazione o l'emotività. Ma c'è un problema. Ogni cervello viene modellato dai geni (il patrimonio cromosomico), dall'epigenetica (i cambiamenti nell'espressione genetica non dipendenti dai geni) e dai memi (le informazioni culturali alle quali è stato esposto dopo la nascita). Come risultato, non esistono

al mondo due cervelli uguali fra loro, il che rende impossibile la descrizione manualistica di un pannello di controllo uguale per tutti.

Per fortuna, nel funzionamento neuronale sussistono dei principi comuni che consentono a qualsiasi utente di esercitare un considerevole margine di controllo sul proprio encefalo. Ma non senza un elevato grado di impegno: le funzioni volontarie del cervello richiedono, per loro natura, una cascata di volontarietà.

Senza motivazione, è difficile mantenere l'attenzione. Senza attenzione, è ostacolato l'apprendimento. Senza

apprendimento, non si alimenta la conoscenza. Senza una conoscenza dinamica, l'immaginazione non vola. Senza immaginazione, non si può tentare – e gli ostacoli non mancano – di prendere decisioni razionali o di risolvere i problemi più difficili.

Ma cosa accomuna queste proprietà cerebrali? Beh, il fatto che sono tutte apprendibili, migliorabili, perfezionabili. Si può imparare a imparare. Si può sviluppare la creatività. Si può aggiustare il controllo degli impulsi, fino a modificare abitudini indesiderate. Insomma, si può fare molto di più di quanto molti cervelli, solitamente, pensino.

7.1 MOTIVAZIONE

La motivazione fa parte dell'equipaggiamento di serie di ogni cervello. Tuttavia, i motivi che la mattina la sospingono verso il bagno o la cucina sono ben diversi da quelli che la incoraggiano a imparare a suonare la chitarra o a parlare lo spagnolo. Difatti i primi sono automatici e dipendenti dagli stimoli, mentre i secondi comportano una presa di volontà, generata nelle aree esecutive della corteccia cerebrale. [►58] Sono quelle che interessano il pannello di controllo del suo cervello.

La procrastinazione, la più frequente avversaria della motivazione, non è nata nell'era digitale. «In qualunque cosa è

odioso tardare e rinviare», scrisse Cicerone più di venti secoli fa. Secondo alcuni studi sul tema, il 20% dei cervelli del mondo sarebbe affetto da procrastinazione cronica, ma diamo per scontato che il proposito «lo faccio domani» sia ben più diffuso.

Anche il pensiero opera su due sistemi cerebrali paralleli. Uno è fulmineo, largamente automatico e in buona parte sotto la soglia della coscienza. L'altro è lento, riflessivo e reso manifesto dalla “voce” che lei sente in testa. Il primo si basa sulle strutture primitive del cervello “rettile” [▶44] e “mammifero” [▶50] (come cervelletto e amigdala). Il secondo fa affidamento sulla struttura sofisticata del

cervello “primate”, [▶56] la neocorteccia. Sono spesso in competizione fra loro.

È la neocorteccia a decidere che è arrivata l'ora di iscriversi in palestra, per motivi tanto visibili (la pancia) quanto razionali (la salute). Così, fa muovere le gambe fino al banco di iscrizione dove si paga la quota annuale, procurando una curiosa sensazione di benessere promossa dalla dopamina. [▶32] Curiosa perché la ricompensa deriva dalla gioia di aver finalmente preso una sana decisione, anche se si tratta con ogni probabilità di un'illusione. [▶194] In America (a livello europeo il dato non è disponibile) il 67% di chi si iscrive in palestra poi non

ci va mai. È il tipico caso del cervello “rettile” che ha preso il controllo. Lo strato più interno del suo encefalo non è soltanto pigro: detesta i cambiamenti. È capriccioso e vuole comandare. Alla vista di una torta, al passaggio di un essere umano attraente o al *bing* di un messaggio sul telefono sposta subito l’attenzione da cose più importanti, come il lavoro, lo studio o la guida dell’auto.

Questo non vuol dire che il cervello “primate” non possa ordinargli di cambiare, di fare qualcosa o di prestare attenzione. Lo fa. E gli riesce pure. Ma quell’altro, come fosse un bambino, un minuto dopo suggerisce che è tempo di dare un’occhiata a Facebook o che non è

il caso di andare a quella conferenza proprio oggi che «è bel tempo/è brutto tempo, c'è sciopero degli autobus/la bici è sgonfia». In assenza di una solida motivazione che gli risponda per le rime, il cervello primordiale vince sempre. Immaginiamo che lei sappia benissimo di cosa stiamo parlando.

Ora, dopo aver accettato di lasciarlo al comando, è possibile cercare di ingannarlo sfruttando gli stessi meccanismi che lo fanno funzionare.

Circuiti dell'emozione. A conti fatti, la motivazione si accende tramite un processo di associazione: come pensiamo a un obiettivo da raggiungere, facciamo sorgere uno stato mentale

corrispondente. Ricordare felici esperienze del passato (la memoria è strettamente collegata all'apparato emotivo) contribuisce a creare uno stato mentale positivo. Molti grandi tennisti, così solitari nelle loro imprese, durante il match sono soliti parlare a se stessi (anche ad alta voce) per “caricarsi”: evidentemente funziona. Inoltre variare la routine di lavoro, o aggiungere una qualche forma di novità o divertimento a compiti ripetitivi, può essere emotivamente di aiuto.

Pregiudizi cognitivi. È psicologicamente più facile concludere un lavoro già iniziato, rispetto a uno ancora da iniziare. Lo dice uno dei tanti

pregiudizi cognitivi [▶186] e lo conferma la saggezza popolare: «Chi ben comincia è a metà dell'opera». Anche dividere il lavoro o lo studio in blocchi offre l'impressione che tutto sia più semplice e abbordabile.

Sistema della ricompensa. Procrastinare significa prediligere una ricompensa immediata. [▶140] La motivazione invece riguarda il futuro: sorregge un'azione che *porterà* a una ricompensa futura, come un diploma o una promozione. Riuscire a proiettare nella mente un risultato finale, anche ad anni di distanza, è una peculiarità esclusiva dell'impianto cerebrale umano. Già solo immaginare il

raggiungimento di un obiettivo lontano induce una ricompensa. Ma lo stesso accade anche con obiettivi a più breve termine, cosicché lo studio o il lavoro diviso in blocchi consente di ripetere l'esperienza dopaminergica più volte nella stessa giornata. È così che la neocorteccia può consapevolmente cercare di placare le smanie automatiche del cervello “rettile”.

Plasticità. La tendenza di un cervello a essere prevalentemente motivato o demotivato ha origine nella sua struttura e nell'insieme delle sue connessioni. Ricercatori di Oxford, studiando i due tipi di inclinazione con la risonanza funzionale, [►226] hanno trovato le tracce

di questa differenza nella comunicazione fra la corteccia cingolata e la corteccia premotoria dei lobi frontali, [►60] che è implicata nella scelta di intraprendere un'azione. Ma il fatto interessante è che la massima attività non si riscontra nei cervelli motivati, bensì in quelli demotivati, come se le loro connessioni fossero inefficienti al punto di richiedere ancora più energia per passare dal pensiero all'azione. Sotto questa luce, è più facile capire perché qualcuno faccia più fatica di qualcun altro. Ma, qualora il suo generale grado di motivazione la demotivasse, sappia che la plasticità [►73] è operativa anche in questo caso.

Ora, è vero che la motivazione e l'attenzione sono necessarie per innescare i necessari effetti biochimici che preludono alla creazione e al consolidamento delle sinapsi. Ma, così come l'ottimismo o, all'opposto, l'ansia cambiano strutturalmente il cervello, anche la pratica della motivazione ha i suoi effetti plastici a lungo termine.

La partita fra la parte ancestrale, automatica ed emotiva del suo cervello con quella evolutivamente moderna, lenta e riflessiva si gioca ogni giorno, a ogni ora. L'esito è nelle sue mani. *Pardon*, nei suoi lobi frontali.

ON	OFF
Pianificare e agire	Procrastinare

Sapere che esiste un conflitto fra cervello "rettile" e neocorteccia

Crederne di essere al comando

Sapere che la motivazione si può incentivare

Accettare passivamente la demotivazione

Usare emozioni, ricompensa, plasticità per assumere il comando

Lasciarsi trascinare dalla demotivazione

7.2 **ATTENZIONE**

In questo istante, lei sta osservando un libro. Anzi, per la precisione sta focalizzando lo sguardo su una sequenza di segni che rappresentano parole, le quali codificano un significato che il suo cervello ha imparato a interpretare. In termini più semplici, lei sta prestando attenzione a quel che legge.

Ma non è mica così facile. In contemporanea, lei avverte anche il peso del suo corpo sulla sedia, il vento che entra dalla finestra e le accarezza la pelle, l'odore dell'arrosto che viene dalla cucina, il rumore del traffico in lontananza, la ragazza del quinto piano che studia il violoncello. Non solo.

Oltre al diluvio di informazioni che piovono dall'esterno, internamente percepisce anche il fluire dei suoi pensieri, che si sovrappongono alle parole del libro. Com'è possibile che, in mezzo a questo marasma, lei possa capirle? Come riesce a concentrarsi su di loro e a tenere fuori tutto il resto?

Il sistema dell'attenzione è parte integrante del cervello umano, sin dalla nascita. Serve a orientare la mente verso gli stimoli che richiedono una risposta: dall'abbraccio che prelude a una poppata al richiamo di un animale selvaggio che consiglia la fuga. Senonché, oggi che nella società postindustriale i lavori intellettuali hanno superato per numero quelli

manuali, l'attenzione è diventata una risorsa ancor più fondamentale dell'economia, una misura della sua stessa produttività. Peccato che sia una risorsa limitata e che venga sempre più messa alla prova.

L'idea del *multitasking* deriva dall'analogia fra il cervello umano e il computer. Così come un calcolatore è in grado di eseguire contemporaneamente più *task*, più compiti, si suppone che un cervello nato o cresciuto nell'era digitale possa dividersi fra lavoro, Sms, email e notifiche di Facebook e di WhatsApp. Ma è palesemente una fandonia. Il cervello è certamente in grado di fissare un appuntamento al telefono, ascoltare la radio e guidare la

macchina al tempo stesso, ma non senza correre il rischio di un incidente. Non soltanto la capacità di attenzione ha dei limiti ma, nel focalizzare l'attenzione da una cosa a un'altra, sperimenta di solito un "buco" di circa mezzo secondo – chiamato *attentional blink* – durante il quale il sistema semplicemente non funziona. E mentre si viaggia in macchina a 100 chilometri all'ora o più, mezzo secondo può essere vitale.

Ovviamente bisogna distinguere fra l'attenzione automatica (voltarsi nel sentir chiamare il proprio nome) e l'attenzione volontaria (decidere di leggere un capitolo di quel libro). Non a caso, le due cose spesso confliggono fra loro: è dimostrato che le interruzioni

causate da telefonate, email e altri messaggi interferiscono negativamente sull'apprendimento di uno studente. Ma è anche dimostrato che contribuiscono ad abbassare la produttività del lavoro fino al 40%.

Come se non bastassero i disturbi dall'esterno, il controllo dell'attenzione neuronale è talvolta compromesso anche da fattori interni, squisitamente connessi alla personale configurazione cerebrale. L'esistenza di una sindrome da deficit dell'attenzione (meglio nota come ADHD, *attention deficit hyperactivity disorder*) è stata riconosciuta con precisione soltanto negli anni ottanta del Novecento e diagnosticata su larga scala negli anni novanta. Tre volte più

frequente nei bambini maschi, e collegato a una marcata componente genetica, il deficit dell'attenzione è caratterizzato da una scarsa concentrazione, da un'impulsività e, in qualche caso, da un'iperattività che ostacolano l'apprendimento. Quello che a scuola appariva come un tratto comportamentale esecrabile è oggi classificato – seppur con qualche distinguo – come una patologia. Solitamente scompare alla fine dell'adolescenza, ma circa nel 30% dei casi prosegue nell'età adulta. Secondo alcune stime, il 2% della popolazione adulta ne è ancora affetto.

Il sistema dell'attenzione è regolato dalla dopamina. [►32] Nonostante non ci

sia un'area del cervello correlata con l'attenzione, è stata riscontrata una più intensa attività nella corteccia frontale e temporale, [▶62] laddove i neuroni cominciano a urlare. Beh, è un modo di dire: ma come noi alziamo la voce per farci sentire in un ambiente rumoroso, alcuni neuroni sembrano inclini ad alzare l'intensità dei messaggi che trasmettono, proprio per filtrare le distrazioni. Secondo altri studi, il cervello si concentra anche sincronizzando il ritmo del "fuoco" di alcuni neuroni, al punto che qualcuno teorizza la possibilità di usare l'educazione musicale per alleviare i sintomi dell'ADHD.

La neuroscienza dell'attenzione cerca

di sciogliere i nodi di questa matassa per più di un nobile motivo: i deficit dell'attenzione sono causa di incidenti, di disparità sociali e vengono attualmente trattati (anche nei bambini) con farmaci gravidi di effetti collaterali. [▶222]

Come sempre, il suo cervello è in grado di imparare. Anche a concentrarsi meglio, a migliorare la capacità di prestare attenzione e così incoraggiare, attraverso il sistema della ricompensa, [▶140] gli sforzi successivi.

Così, il primo sforzo da compiere per migliorare il proprio grado di attenzione è – all'occorrenza – disconnettersi per qualche ora dai flussi informativi che arrivano da smartphone

e tablet, le nostre seducenti armi di distrazione di massa. È dimostrato che il *multitasking* aumenta lo stress e che non produce l'effetto desiderato di fare di più e di farlo prima: si fa di meno e in più tempo.

Inoltre, come tutti sanno, c'è attenzione e attenzione. Si può prestare distrattamente attenzione a una partita di calcio mentre si legge un libro e, non appena il tono di voce del telecronista si alza, concentrarsi sulla potenziale azione da goal. Se però si vuole apprendere, occorre essere concentrati sempre. La concentrazione richiede un atto di volontà, può essere appresa e migliorata. Secondo alcuni studi, l'attenzione sarebbe legata alla capacità

di escludere pensieri o impulsi irrilevanti. Ma è ovvio che nessuno può mantenere la concentrazione per un tempo indefinito.

C'è una tecnica adottata da molti, chiamata *pomodoro technique* (in italiano) perché il suo inventore la applicava usando un timer da cucina a forma di pomodoro. Si tratta di portare avanti un impegno intellettuale in blocchi di venticinque minuti, con pause di cinque minuti fra l'uno e l'altro. Dopo quattro blocchi, pari a due ore, si fa una pausa più lunga di una ventina di minuti. L'idea è che mantenere l'attenzione per quattro ore di fila sarebbe non solo difficile, ma anche controproducente. Le pause servono a concentrarsi meglio.

La cosiddetta “economia dell’attenzione”, già teorizzata negli anni settanta, è diventata prominente da quando i nuovi colossi industriali (Google, Apple, Facebook, Netflix, Amazon) hanno cominciato a competere con i media tradizionali per dividersi la stessa risorsa: l’attenzione del pubblico. La quale, come tutte le risorse economiche, è caratterizzata dalla scarsità. Non si può prestare attenzione a serie televisive, website, giornali, app e videogame per più di un certo numero di ore al giorno.

Come suggerisce Cal Newport, professore di Computer Science alla Georgetown University, nel suo libro *Deep work*, l’attenzione è il nuovo

fattore-chiave della competizione. A suo parere, i cervelli che sono in grado di allontanare mentalmente le distrazioni saranno quelli che avranno successo nella nuova economia. Non solo perché il lavoro intellettuale diventerà ancor più prevalente, ma perché sembra che le capacità di attenzione – nel presente marasma informativo – si stiano assottigliando su scala mondiale.

Come sempre, con un consapevole sforzo e con la ripetizione, si può migliorare anche il grado di attenzione. C'è chi assicura che anche la meditazione può essere di enorme aiuto. [▶217] A patto di non dare nel frattempo un'occhiata allo smartphone.



ON	OFF
Cercare di disconnettersi dalle distrazioni	Praticare incessantemente il <i>multitasking</i>
Allenare la capacità di concentrazione	Credere che la concentrazione non sia migliorabile
Tenere un ritmo nella concentrazione, ma intervallato da pause	Concentrarsi di tanto in tanto
Meditazione	Alluvioni sensoriali (es. party)

7.3 APPRENDIMENTO

Si ritiene che il suo cervello abbia cominciato a imparare quand'era ancora avvolto in un mondo liquido, ovattato e semibuio. È lì che ha cominciato a muovere i primi ingranaggi sinaptici, che preludono al diluvio sensoriale della nascita. [►83] Dopodiché si è progressivamente trasformato nella più potente *learning machine* al mondo, una macchina specializzata nell'apprendimento.

Anche le piante, a modo loro, imparano. Tutti gli animali, seppur in gradi assai diversi, imparano. Ma nessuno come l'*Homo sapiens*, che su questa proprietà evolutiva ha costruito

la civiltà di cui lei è parte.

Almeno per il momento, la *learning machine* umana è ancora più sofisticata, flessibile e potente del *machine learning*, l'apprendimento automatizzato che sta alla base della crescente ondata tecnologica chiamata intelligenza artificiale. [►233] Una bambina di un anno impara il senso dell'equilibrio come nessun robot si sogna di fare. Un bambino di tre anni riconosce un camion indipendentemente dalle fattezze, dal colore o dal suo orientamento nello spazio. Un adolescente di quindici sa scrivere, calciare un pallone al volo e descrivere con dovizia i problemi del mondo che lo circonda. E via così per tutta la vita, dove la somma delle

informazioni acquisite, rinforzate o modificate si codifica nella memoria neuronale con un processo che *non ha mai fine* e che contribuisce a disegnare la personalità.

Ci pensi bene: lei è ciò che il suo cervello conosce e sa fare.

L'apprendimento è la funzione più cruciale del cervello umano, dalla gestazione alla cremazione. I singoli utenti, le famiglie e le nazioni lo sanno benissimo, anche se spesso solo in teoria. Eppure non c'è migliore investimento di lungo termine che dedicare tempo e risorse alla crescita sinaptica, [▶27] all'esercizio dei potenziali d'azione [▶20] e alla produzione di mielina [▶39] per se stessi,

per i propri figli o per i propri concittadini.

Ora, lasciamo stare casi come l'inglese Tristan Pang che a due anni leggeva, conosceva la matematica del liceo e che nel 2013, a dodici anni, è entrato all'università. O come Joey Alexander, pianista indonesiano di jazz che nel 2016, a undici anni, con il suo primo disco ha ottenuto la *nomination* per il Grammy. I meccanismi cerebrali di questi talenti naturali non sono noti. Hanno in comune una capacità straordinaria di attenzione e un'infantile motivazione che trasforma libri o pianoforte nel gioco preferito. Però una cosa deve essere chiara: nella casa dov'è nato Tristan non scarseggiavano i

libri di matematica e a casa di Joey non si sentiva la mancanza del jazz. Se Mozart fosse nato in un villaggio della Siberia, invece che a Salisburgo con un clavicembalo in salotto, la storia della musica sarebbe diversa.

Dunque, accantoniamo quello 0,0001% di cervelli speciali. Il restante 99,9999% dei cervelli deve faticare, per imparare. Se lei fa fatica a imparare la matematica o a studiare il pianoforte, sappia che è perfettamente normale. Il punto cruciale è un altro: lei ama faticare oppure – per andare all'estremo opposto – lo detesta? Perché sarebbe bene considerare questa fatica una gioia: vuol dire che il potenziamento a lungo termine delle sue sinapsi sta

funzionando. Come confermato dal lavoro della psicologa Carol Dweck, il cervello diventa più intelligente se crede di poter diventare più intelligente.

[▶76] Allo stesso modo, il cervello impara meglio se è convinto di poter imparare qualsiasi cosa, senza l'idea malsana che il talento sia fissato dal destino.

Non solo. Gli studi sui meccanismi dell'apprendimento rivelano che per diventare veramente padroni di una materia, di una lingua o di uno strumento bisogna portare il più possibile (e senza esagerare) il cervello fuori dalla propria *comfort zone*, la zona dove non deve sforzarsi troppo. Lo scrittore Malcolm Gladwell, nel suo libro *Fuoriclasse*.

Storia naturale del successo, ha proposto quella che è ormai chiamata la “Regola delle 10mila ore”: in qualunque attività umana, si diventa dei maestri se si studia o ci si allena correttamente per 10mila ore, mediamente venti ore alla settimana per dieci anni. È tutta una questione di tempo, è vero, ma è quel “correttamente” che fa la differenza. Prendiamo il bambino pianista. Se dopo aver imparato da piccolissimo tre canzoni e tutte le scale maggiori si fosse accontentato, cercando solo di migliorare quel che sapeva già fare senza mai uscire dalla sua *comfort zone*, la regola delle 10mila ore non avrebbe dato i medesimi risultati. Adesso non abiterebbe a New York con il visto EB-

1 sul passaporto, quello che gli Stati Uniti concedono ai geni.

La ripetizione nel tempo fa parte del gioco dell'apprendimento perché è così che funziona il meccanismo della memoria: [▶69] *neurons that fire together, wire together*, recita la Regola di Hebb, ben più scientifica della precedente. [▶20] È con l'uso ripetuto delle sinapsi, che queste si rafforzano. [▶27] La folle notte di studio prima degli esami può servire a superare l'esame, ma non per ricordarsi a lungo quel che si è studiato. Anche il genio – pur faticando di meno – deve ripetere e ripetere i processi di apprendimento nel tempo, se vuole diventare geniale. Questo solo per dire che, no, neppure lei

può cercare scorciatoie.

Non ci sono solo le sinapsi. L'intero sistema è talmente basato sull'uso ripetuto e progressivo delle informazioni che non solo i neuroni, ma anche le cellule gliali vi partecipano.

[▶36] Gli astrociti tengono sotto controllo l'attività degli assoni e, se elevata, ordinano agli oligodendrociti di aggiungere altra mielina per proteggerli e potenziare la velocità del segnale che trasmettono. È dimostrato che c'è una diretta relazione fra la quantità di materia bianca (la mielina degli assoni) e l'intelligenza, la conoscenza e l'esperienza. La *learning machine* è straordinaria. Ma va usata. E saputa usare.

Abbiamo parlato genericamente dell'apprendimento, ma in realtà le sue dimensioni sono innumerevoli. Studiare una lingua straniera, come il polacco o lo spagnolo, “accende” numerose aree dell'encefalo. Il coordinamento motorio, come imparare a nuotare o a pattinare, interessa tutt'altre regioni cerebrali. Suonare il flauto o la fisarmonica coinvolge un mix delle due, più altre ancora. È come se ci fosse potenzialmente un cervello linguistico, un cervello sportivo, un cervello musicale e via dicendo. Nel suo cranio c'è spazio per tutti e tre, e per molti altri ancora.

Dato che lo sviluppo neuronale attraversa nell'infanzia e

nell'adolescenza i cosiddetti periodi critici, [►83] fasi dove certi tipi di apprendimento risultano facilitati (come ad esempio le lingue in età prescolare), è sensato usare il primo arco della vita per frequentare la scuola e contemporaneamente la piscina, l'aula di danza e chi più ne ha più ne metta. Ma qui si passa al livello delle famiglie e soprattutto degli Stati che gestiscono la pubblica istruzione.

Le nazioni sono tante e i sistemi educativi pure. La scuola in Finlandia, che da anni siede al primo posto dell'apposita classifica stilata dal World Economic Forum, è sostanzialmente diversa che in Canada, in Italia o in Senegal. In generale però,

la maggioranza dei sistemi scolastici non fornisce agli studenti solo una pallida informazione di base su quello stesso cervello che serve loro a studiare (in un libro della scuola media italiana abbiamo contato 9 pagine dedicate al cervello e 12 all'apparato digerente), ma non tengono neppure conto delle scoperte della neuroscienza.

Tanto per cominciare, il tipico insegnante severo o la puntuale scadenza degli esami inducono la produzione di cortisolo, [▶35] l'ormone dello stress. [▶192] In presenza dei segnali della paura, le strutture più primitive del cervello finiscono per contrastare l'apprendimento nelle strutture più moderne della corteccia, in qualche

modo ostacolandolo. [▶58] In Finlandia, a titolo d'esempio, il primo esame è a sedici anni, quando il periodo critico [▶83] è quello giusto per sperimentare un po' di stress.

Ovviamente, anche lontano da Helsinki ci sono insegnanti meravigliosi che fanno il loro lavoro benissimo, dal *kindergarten* all'università.

Sono quelli che sanno rendere il loro insegnamento interessante, se non addirittura divertente, anche senza sapere che quello è l'unico modo per indurre in circolo nuova **dopamina**, che favorisce e rinforza le connessioni sinaptiche.

Sono quelli che scendono dalla cattedra e sostengono un contatto

ravvicinato con gli studenti, che si dice favorisca nei loro sistemi cerebrali la produzione di **acetilcolina**, [▶33] il neuromodulatore dell'attenzione.

Sono quelli che aggiungono elementi di novità alla classe (come cambiare la disposizione dell'aula o usare qualche soluzione didattica originale) incitando la diffusione di **noradrenalina**, [▶32] che favorisce l'attenzione e nel lungo periodo anche l'attaccamento allo studio.

E poi certo, nel caso gli alunni esagerino, possono sempre ricorrere a qualche dose di **adrenalina** alzando la voce e minacciando conseguenze. Ma sono quelli che non brandiscono la minaccia d'abitudine, altrimenti il

cortisolo rovinerebbe tutto.

Ora, il problema è che bisogna aver la fortuna di finire nelle loro classi (o di nascere in Finlandia)*. Per risolvere il dilemma a livello internazionale, ci sarebbe quantomeno bisogno che i diversi sistemi educativi venissero adattati almeno alle principali scoperte della neuroscienza.

Qualora lei non sia più in età scolare, potrebbe trovare tediose queste osservazioni. Le consigliamo di cambiare idea. L'apprendimento è la funzione più cruciale del cervello umano perché, anche se culturalmente associata alla gioventù, potenzialmente non si ferma mai.

Si può imparare a suonare uno

strumento musicale a sessant'anni? E a parlare una nuova lingua a settanta? [▶217] La risposta è sempre sì. Tuttavia, molto dipende da cosa è successo nei sessanta o settanta anni precedenti. Più una persona ha potenziato le sinapsi e aggiunto mielina anche dopo gli anni della scuola, più l'apprendimento le risulterà facile. Chi ha fatto sport tutta la vita può debuttare nel golf quando va in pensione, ma sarà più difficile per chi non ha mai mosso un dito. Allo stesso modo, chi è avvezzo a leggere molto [▶217] sarà facilitato nell'imparare la statistica o il portoghese a sessant'anni o più. Ma nulla è precluso a nessuno.

ON	OFF

Sapere che si può imparare a imparare	Crederci che il talento sia predeterminato
Faticare è bello: vuol dire che il cervello si sta riorganizzando	Lasciarsi spaventare dalla fatica
Ripetere è necessario: è una regola del gioco della memoria	Dimenticarsi che la memoria a lungo termine dimentica
Variare gli interessi (per saperne di più) e anche le routine	Avere uno scarso numero di interessi

7.4 IMMAGINAZIONE

Cosa hanno in comune un arco, un aratro, un'ancora, un astrolabio e un aereo? Sono tutti frutti della creatività umana, dai tempi della sopravvivenza a quelli della conoscenza. Eppure sono solo una minima parte – a partire dalla A – di una monumentale creazione di valore che va avanti da millenni. Il filo rosso che lega le frecce avvelenate con i voli intercontinentali si chiama immaginazione.

A condizione che ci sia una forte motivazione, che si possa attingere alla più vasta conoscenza possibile e che le venga dedicata la dovuta attenzione, l'immaginazione ha avuto la funzione

evolutiva di risolvere i problemi. Come cacciare quell'animale feroce senza avvicinarsi troppo? Come migliorare il raccolto dell'anno prossimo? Come arrestare la deriva di una barca? Come orientarsi in mare aperto senza riferimenti a terra? Come valicare gli oceani saltandoli a piè pari? E via dicendo, fino all'invenzione di zattere, zappe, zaini, zuppiere e zanzariere.

Dovunque lei si trovi in questo momento, ha una chiara percezione dell'ambiente e degli accadimenti circostanti. Facciamo un esperimento. Si figuri che all'improvviso le si presentino davanti tre cowboy del Far West, o magari tre celebrità del cinema, e cerchi di immaginare quel che accadrà

nei successivi trenta secondi.

I cowboy si sono messi a sparare? Julia Roberts si è seduta accanto a lei? Qualunque cosa sia successa, il suo cervello ha disegnato una realtà parallela, generata da un **pensiero divergente**, ovvero la scelta fra più possibilità alternative. Creda, si tratta di una funzione straordinaria incorporata nel suo cervello. L'esempio per eccellenza è quello di Albert Einstein che, dall'alto della sua conoscenza, dal basso di una profonda curiosità per l'ignoto e con un'attenzione ben centrata sui problemi dell'universo, ha scoperto che il tempo e lo spazio sono dimensioni diverse dello stesso *continuum* spaziotemporale.

Ma è anche un esempio improprio, perché dà l'idea che l'immaginazione sia un'esclusiva dei premi Nobel, quando invece è a disposizione di tutto il genere umano. È disegnare nella mente una strada alternativa per uscire dal traffico. È scrivere una poesia per corteggiare qualcuno. È inventarsi una nuova ricetta *fusion*. Però è anche la porta della creatività, comunemente definita come la produzione di idee originali che hanno un valore intrinseco. Proprio come l'arco, l'ancora e l'aratro.

Nella società postindustriale la creatività è assunta al rango di risorsa economica fondamentale. Secondo alcune stime, la somma di editoria, pubblicità, arti, design, moda, cinema,

musica, spettacolo e software rappresentava nel 2011 circa il 3% del Pil europeo, 500 miliardi di euro, con 6 milioni di posti di lavoro. Nel frattempo, è sensibilmente cresciuta. A detta dei suoi agiografi, la creatività è destinata ad avere un ruolo sempre più determinante nella competizione economica globale, perché la moderna disfida si gioca – a volte persino più che sul prezzo – sulla forza e la novità delle idee.

La cosiddetta **Economia della conoscenza** è la nuova industria basata non più sulla forza dei muscoli o delle macchine, ma su quella del pensiero divergente. Si chiama “della conoscenza” perché include brevetti,

segreti commerciali ed *expertise* varie, ma si potrebbe dire economia della creatività, perché il punto di partenza e di arrivo è comunque la creazione di valore. Difficile dire quando sia cominciata (ben prima dell'invenzione della stampa?) ma di sicuro ha davanti ancora un sacco di tempo per espandersi, modificarsi e accrescere la sua presa sul mondo, adesso che la comunicazione digitale le ha permesso di valicare le barriere geografiche e temporali. Tanto per intendersi, l'Economia della conoscenza è il motivo per cui (nel giugno 2017) Google valeva a Wall Street ben più di cinque Ford, General Motors e Fiat Chrysler messe insieme. In questo primo scorcio di

Ventesimo secolo, la creatività è la risorsa economica più strategica che ci sia. Cosicché è interamente sensato imparare a coltivarla.

Qualunque cervello è equipaggiato con un sistema integrato, composto da numerose aree diverse che diventano attive quando l'utente sposta l'attenzione dal mondo esterno a quello interno. Scoperto nel 2001, il *default mode network* – la modalità “di partenza” dei meccanismi cerebrali – è la base neuronale del pensiero riflessivo, sia che riguardi se stessi che gli altri, la memoria del passato o la previsione del futuro. Per l'esattezza, è attivo quando lei vaga con la mente, quando “sogna a occhi aperti”. E quindi anche quando usa

l'immaginazione per salire ai piani alti della creatività.

I *default mode network* include numerose e disparate aree del cervello, ma in stretto contatto assonico fra di loro. [▶25] Come sempre accade nelle funzioni esecutive più complesse, la corteccia prefrontale [▶58] è largamente coinvolta nel meccanismo. Ma sono implicate anche parti della corteccia cingolata [▶56] (che sta sopra il corpo calloso), [▶56] dei lobi temporali e parietali, nonché degli ippocampi. [▶52] Non si esclude neppure che il *default mode network* abbia a che fare con la percezione di sé e con la coscienza. [▶127]

Come sanno le persone abituate a

creare e inventare, a quel particolare stato mentale connesso all'astrazione e al pensiero divergente si arriva attraverso una peculiare concentrazione che apre le praterie dell'immaginazione. È quasi un *click*, che accende la modalità creativa del cervello. Nel libro *A mind for numbers*, Barbara Oakley, professoressa di ingegneria all'Università di Oakland, la chiama **modalità diffusa**. In poche parole, la "modalità diffusa" consiste in un pensiero "largo", capace di osservare tutti gli aspetti di un problema e tipicamente associato con il *default mode network*, in contrapposizione alla "modalità focalizzata" che è l'attenzione razionale e analitica della corteccia

prefrontale. Nessun cervello, neppure il suo, è in grado di attivare i due sistemi contemporaneamente.

Su come sviluppare l'immaginazione, le soluzioni adottate al giorno d'oggi (anche dalle imprese multinazionali) abbondano e divergono, evidentemente perché non esiste un solo modello di creatività. È legittimo per ognuno trovare la formula intonata con le proprie passioni o inclinazioni, basta sapere che si può davvero alimentare. È forse curioso trascinare un manager cinquantenne a uno stage di creatività quando poteva cominciare in un momento più consono: i primi anni di scuola. I bambini hanno quella predisposizione naturale a immaginare,

che possono sia coltivare che abbandonare con la crescita, perlopiù se implicitamente incoraggiati o scoraggiati a farlo.

«La creatività sta nel connettere i puntini», ha detto una volta Steve Jobs, l'uomo che con la sola forza del pensiero ha creato la Apple, la prima azienda del mondo per valore di borsa. «Se chiedi a delle persone creative come hanno fatto a immaginare qualcosa di nuovo le metti in imbarazzo perché non hanno fatto nulla di speciale, hanno solo visto cose che gli altri non vedevano».

Lei avrà certamente conosciuto persone più creative di lei. Ma non si lasci sviare da questo. L'immaginazione

è parte integrante del suo equipaggiamento cerebrale. Si immagini quante cose può farci.

ON	OFF
Pensiero divergente e convergente	Pensiero convergente
Usare l'asse motivazione-attenzione-conoscenza	Usare l'asse demotivazione-disattenzione-ignoranza
Credere che la creatività si possa aumentare	Credere che la creatività sia riservata a chi già ce l'ha
Imparare ad accendere la "modalità creativa"	Non provarci neppure



7.5 **DECISION-MAKING**

Molto probabilmente, lei converrà che ogni decisione importante è caratterizzata da un razionale calcolo delle alternative possibili. Giusto? Beh, non proprio.

Elliot era tutto sommato un uomo felice e di successo, un bravo padre e un bravo dirigente aziendale. Fin quando un tumore in uno dei lobi frontali non lo ha costretto a un'operazione che ha finito per cambiare il suo mondo interiore. Era come distaccato da tutto, incapace di provare la benché minima emozione, neppure riguardo a se stesso. Ma la storia di questo anonimo paziente, raccontata dal neuroscienziato

portoghese Antonio Damasio nel libro *L'errore di Cartesio. Emozione, ragione e cervello umano*, è ancora più drammatica di così. L'interruzione del circuito emotivo ha prodotto in Elliot un danno collaterale che nessuno si sarebbe mai aspettato: invece di renderlo perfettamente razionale, l'ha reso incapace di qualsivoglia decisione. Per tutto il resto, il suo cervello è perfettamente funzionante e intelligente sopra la media, come sempre. Ma l'apparente normalità psicofisica, coniugata alla totale impossibilità di scegliere cosa mangiare o con quale penna scrivere un appunto, lo ha condannato a perdere in poco tempo la moglie e il lavoro. Grazie a lui, oggi

sappiamo che le emozioni non sono d'intralcio alle decisioni, ma l'esatto contrario.

Non è quel che la gente comunemente pensa. «Quando diciamo che qualcuno è troppo emotivo è solitamente per implicare che manca di giudizio. Nella cultura popolare, i personaggi più logici e intelligenti sono quelli in grado di controllare le proprie emozioni», osserva Damasio nella prefazione alla seconda edizione del suo libro. La conclusione, invece, è che la razionalità ha bisogno dell'emotività. Di qui, "l'errore" di René Descartes: non è vero che mente e corpo siano dualistici e separati.

È un dettaglio rilevante, se lei pensa

che il *decision-making* (il processo di prendere una decisione) sta alla base della vita quotidiana, della vita sociale e del sistema economico planetario. La cosiddetta neuroeconomia studia i comportamenti umani al fine di massimizzare le decisioni di acquisto di un prodotto, soppesando razionalità ed emotività del consumatore. È esattamente quel che dovrebbe fare anche lei.

Procrastinazione, dipendenze [▶189] e false memorie [▶188] sono tutte manifestazioni del lato irrazionale e impulsivo di un cervello. Premesso che il “sesto senso” non esiste (perché non è mai esistito nessuno capace di fare il 100% di scelte azzeccate), l’intuito,

ovvero la capacità subliminale [▶138] di prendere decisioni istantanee anche senza disporre di troppe informazioni, è oggettivamente una straordinaria risorsa. Soprattutto quando occorre prendere una decisione rapida e non c'è tempo per il pensiero lento e riflessivo. Tuttavia è anche vero che la scelta “di pancia” può essere spesso indotta da un pregiudizio cognitivo [▶186] mascherato da intuizione, che rischia così di rivelarsi del tutto sbagliata. Il primo dei possibili pregiudizi è credere che, se l'intuito ha funzionato una volta, funzionerà anche alla prossima occasione. Forse sì. Dipende.

Le funzioni esecutive del *decision-making* sembrano risiedere nella

corteccia cingolata anteriore (che sta sotto i lobi frontali), [▶56] nella corteccia orbitofrontale (proprio dietro agli occhi) e nella corteccia prefrontale ventrocentrale (ancora dietro). Ma è il loro denso collegamento con altre parti del cervello primate, mammifero e rettile, [▶43] incluso il cervelletto, a sancire anatomicamente la coesistenza di razionalità, emotività e impulsività. E anche la loro oscillazione nel tempo.

Sia ragionamento che intuito non funzionano sempre e bene. Oltre che dalle emozioni, sono influenzati dal momento della giornata, dagli alimenti introdotti nel sistema, dalle ore di sonno effettivamente dormite, dagli eventi vissuti poco prima e dalle presenti

circostanze. A titolo di esempio, le sconsigliamo di andare al supermercato all'ora di pranzo: la fame la spingerebbe a comprare alimenti che non mangerà mai.

In condizioni normali, più la decisione è importante e meglio è pensarci sopra. Un po' per migliorare la valutazione con più informazioni e perfezionare il ragionamento, un po' per trovare il momento fisiologico e psicologico ottimale: tipicamente dopo una notte di sonno. Il che non vuol dire tessere la Tela di Penelope per rimandare eternamente una decisione.

La consapevolezza di qualche possibile pregiudizio cognitivo (dallo stomaco vuoto alla fede nel proprio

intuito) può essere d'aiuto. Per esempio, se lei conviene che fare la spesa con la fame sia sconveniente, può architettare delle contromosse: cambiare orario, mangiare qualcosa oppure restare fedele alla lista di prodotti decisa quattro ore prima a pancia piena. La razionalità è tutt'altro che un optional. Serve nella vita di tutti i giorni. Basta smetterla con questa storia dell'*Homo oeconomicus* perfettamente razionale nelle sue scelte – uno dei fondamenti dell'economia classica – perché, ahilui, non è vero.

I *decision-making*, insieme al fratello *problem-solving* (trovare la soluzione a un problema), ha bisogno di avere alle spalle motivazione, attenzione, conoscenza e anche

immaginazione, per funzionare bene. Ovviamente c'è problema e problema, e i bivi e i trivi che s'incontrano nell'arco della vita possono rivelarsi cruciali per trovare la strada che porta alla felicità cerebrale, o al suo contrario.

Una scelta può rivelarsi col tempo sbagliata, o semplicemente geniale. Può andare bene o male e non c'è da prendersela con il raziocinio o con l'emotività. Gli errori servono a imparare, e a ricominciare. È per questo che gli esseri umani possono davvero diventare più saggi con il passare degli anni. Difatti, la saggezza è una delle ultime leve nel suo pannello di controllo.



ON	OFF
Sapere che le decisioni sono influenzate dalle emozioni	Credere di avere tutto razionalmente sotto controllo
Scegliere se e quando basarsi sull'intuizione	Affidarsi completamente all'intuizione
Se possibile, scegliere il momento giusto per scegliere meglio	Rimandare il momento di scegliere, per non scegliere
Riconoscere i propri pregiudizi cognitivi e soppesarli	Pregiudizi? Quali pregiudizi?

7.6 CONTROLLO COGNITIVO

Il marshmallow è un dolce non esattamente attraente. Fabbricato industrialmente negli Stati Uniti dai tempi del boom postbellico, è fatto con la radice della *Althaea officinalis* (usata a questo scopo anche dagli antichi egiziani), zucchero, uova e gelatina. Si presenta come un cilindretto gommoso, decisamente meno invitante di un cioccolatino. Eppure è entrato nella storia della psicologia sin dagli anni sessanta, quando alla Stanford University si mettono in testa di fare un curioso esperimento.

Bambini fra i quattro e i cinque anni vengono fatti sedere a un tavolo con sopra un marshmallow. «Tu stai qui – dice loro la ricercatrice – io torno fra quindici minuti. Se riesci a non mangiare questo marshmallow, quando torno te ne do un altro. Ok?». E se ne va. Il filmato di bambine e bambini che osservano il dolcetto in adorazione, cercando di resistere alla tentazione di azzannarlo, è molto divertente. Ha aperto gli occhi del mondo sulla **gratificazione differita**, la capacità squisitamente umana di riuscire a rinunciare a una ricompensa dopaminergica [►32] in cambio di una più grande, ma ritardata nel tempo.

Il fatto interessante è che i ricercatori della Stanford hanno continuato nel

tempo a seguire le tracce di quei bambini in cerca di correlazioni statistiche significative. Coloro che da piccoli avevano resistito al richiamo del marshmallow (spesso con soluzioni ingegnose, come nascondersi sotto al tavolo per non vederlo) da grandi hanno raggiunto un'istruzione più elevata e un indice di massa corporea più basso. In altre parole, negli anni hanno saputo esercitare un controllo sulla tentazione di non studiare e di finire tutta la torta al cioccolato.

La gratificazione differita è una delle proprietà salienti del controllo cognitivo, il processo grazie al quale il comportamento si riadatta continuamente a seconda degli obiettivi e delle

circostanze. Oppure, per dirla alla rovescia, il processo attraverso il quale scopi e progetti personali influenzano il comportamento.

Evidentemente connesso con il concetto di coscienza [▶127] o di libero arbitrio, [▶143] il controllo cognitivo comincia a svilupparsi proprio intorno ai quattro anni e aumenta fino all'adolescenza. Intorno ai sedici anni c'è un picco dell'impulsività ed è dopo i venti che si consolida per mantenersi stabile nell'età adulta. Dopo i settant'anni, comincia a declinare. Funzioni importanti come l'attenzione, [▶155] la memoria operativa [▶69] o la gestione delle emozioni [▶116] sono largamente dipendenti dal controllo

cognitivo, il cui malfunzionamento è collegato a numerosi disturbi neuropsichiatrici. [►196]

In prossimità della gratificazione differita, c'è la **gestione inibitoria**, ovvero la capacità cerebrale di frenare gli impulsi in risposta a uno scopo divergente. L'esempio classico è evitare di mandare al diavolo qualcuno che sta in alto nella scala gerarchica, al fine di mantenere la busta paga a fine mese. Anche abitudini e dipendenze sono esempi di gestione inibitoria interrotta o difettosa. Così come la tendenza a perdere facilmente le staffe oppure a farsi facilmente travolgere dalle emozioni, belle o brutte che siano. Il grado di neuroticismo è considerato una

caratteristica della personalità [▶146] ma, a condizione che non ci siano malfunzionamenti, non ci sono ostacoli al cambiamento o al semplice alleviamento dei suoi effetti sgraditi.

Un'altra funzione inibitoria di grande rilievo è la **soppressione dei pensieri irrilevanti**. Come lei sa bene, il suo cervello può produrre i pensieri più bislacchi, dal comico al macabro. E lei può anche lasciarsi trasportare, con altri pensieri ancora più ilari o più drammatici. Saper dire basta e riuscire ad allontanarli a proprio piacimento è davvero molto utile al benessere psicofisico di un utente come lei. Gli stati ansiogeni sono spesso connessi a un circolo vizioso di pensieri (non sempre

irrilevanti, come dopo un lutto o un trauma) che non riesce a interrompersi.

Non a caso, nella lista siamo felici di aggiungere anche il **controllo dello stress**. Se un basso grado di stress è di aiuto in certe funzioni cognitive, uno stress forte e molto prolungato ha effetti tossici sull'organismo e sul cervello. Deve essere evitato ad ogni costo. Sì, ma come?

Questo manuale si azzarda a riassumere il cervello, la cosa più complessa che c'è. Ma pensare di riassumere quel che passa nei miliardi di neuroni di 7 miliardi e passa di esseri umani, sarebbe davvero troppo. Il controllo cognitivo, in quella bolgia scoppiettante di potenziali d'azione, è

ancora più complesso del cervello stesso. La meravigliosa diversità della specie umana si concretizza in un'onda di azioni e reazioni, di percezioni e illusioni, di speranze e delusioni, che oscilla nel tempo fra alti e bassi.

Scoperte come la plasticità neuronale, [▶73] intuizioni come la *growth mindset*, [▶76] risultati sperimentali come quelli della psicologia positiva [▶123] ribaltano collettivamente l'antica visione fatalistica di un cervello statico e immutabile. Non c'è un destino prescritto, non si è schiavi del proprio carattere e, se è per questo, neanche delle proprie circostanze. Dopodiché, ogni cervello deve giocarsi le leve del

proprio controllo cognitivo.

È vero che è bene allenare la gratificazione differita già in tenera età (come implica il libro di Asha Phillips, *I “no” che aiutano a crescere*), ma si può imparare anche da grandi. La gestione inibitoria non è utile solo per scongiurare il licenziamento, ma per tutto il ventaglio delle attività sociali e relazionali. La società, ad esempio, non apprezza i cervelli che perdono facilmente la pazienza. Pensieri irrilevanti possono ostacolare la concentrazione, l'apprendimento, lo studio, il lavoro; se perdipiù sono ansiogeni possono contribuire alla depressione. Di solito questo genere di controllo si apprende nell'era giovanile

dello sviluppo cerebrale, ma con un po' di sforzo e di esercizio s'impara anche da adulti. Inoltre, saper riconoscere lo stress cronico e fare qualunque cosa per alleviarlo [►192] contribuisce all'integrità del sistema cognitivo generale.

Quei bambini che non avevano resistito alla lusinga dei marshmallow, quarant'anni più tardi sono diventati più grassi e meno colti. Ma in quei quarant'anni avrebbero potuto cambiare strada e direzione, se solo avessero saputo che si può fare.

Ecco, ora il suo cervello non ha più scuse.

ON	OFF

Imparare a differire le gratificazioni	Meglio un uovo oggi che una gallina domani
Imparare a controllare gli impulsi	«Lei è un bello str...»
Imparare a sopprimere i pensieri irrilevanti o ansiogeni	Il doloroso piacere di rimuginare
Imparare a tenere sotto controllo lo stress cronico	Stress a go-go

* In Finlandia la scuola comincia a sette anni; fino ai tredici anni non ci sono compiti a casa; prima dei sedici anni non ci sono esami; gli insegnanti sono scelti fra i migliori

laureati, hanno tutti una laurea di dottorato pagata dallo Stato e un salario progressivo inizialmente basso ma che diventa elevato con gli anni.



8.0 MODELLI

I cervelli vengono prodotti in due possibili versioni. Il Modello F® (femmina) è quello di base e il Modello M® (maschio) richiede una serie di aggiustamenti in fase di costruzione.

Non è possibile pre-ordinare la versione desiderata. Il motivo sta nel metodo di assemblaggio, innescato da un fenomeno che potremmo definire casuale.

Il congiungimento di un ovulo femminile con un singolo spermatozoo riunisce metà del patrimonio genetico della madre con metà di quello del

padre. Dal lato materno, il ventitreesimo paio di cromosomi (quello dedicato alla sessualità) è composto da una coppia XX e quindi l'ovulo apporterà sempre una X. Dal lato paterno, invece, la coppia cromosomica è XY, e lo spermatozoo potrà contribuire con una qualunque delle due. Se la corsa al concepimento è vinta da uno spermatozoo con la Y, il nuovo cervello sarà prodotto nella versione maschile. Se la vince uno con la X, il cervello sarà femminile. Anne Boleyn, fatta uccidere da Enrico VIII perché non gli dava eredi maschi, meriterebbe quantomeno delle scuse.

A conferma che il Modello F® è

sempre quello di base, nelle prime otto settimane di assemblaggio (anche definito “gestazione”), tutti i cervelli sono femminilmente uguali. Da quel momento in poi, però, nei cervelli M una scarica di testosterone innesca una sequenza di piccole e radicali riforme strutturali che completeranno, dopo altre trenta settimane di assemblaggio, un encefalo M nuovo di zecca, associato a un corpo perfettamente funzionante e finalmente in grado di vivere di vita propria.

Ma non è finita qui. Durante l'intero processo di assemblaggio, il cervello è direttamente collegato alla fabbrica biologica materna, con la quale

condivide sangue, nutrienti e ormoni. Questi ultimi sono in grado di influenzare la costruzione cerebrale con caratteristiche tipiche del Modello F® o del Modello M®, mescolando in qualche modo le carte. Probabilmente, è quello a cui si riferiscono i cervelli F quando parlano del proprio «lato maschile», o i cervelli M del loro «lato femminile».

È ormai un fatto consolidato che i geni, gli ormoni e la struttura cerebrale contribuiscano all'orientamento sessuale, che può essere etero, omo, bi o anche asessuale. Nessuno ha mai trovato un gene dell'omosessualità e finalmente la società occidentale si sta lasciando alle spalle (non ha ancora finito) secoli

di omofobia. Ormai però – dagli studi sui gemelli agli *scan* fMRI – appare chiaro che ogni cervello sceglie da solo l'orientamento che desidera: un cervello omosessuale tende a possedere alcune caratteristiche simili al cervello di sesso opposto. Non a caso, l'antica e raccapricciante usanza di imporre a una persona di cambiare coercitivamente orientamento sessuale ha indotto enormi sofferenze senza mai alcun “successo”.

Per tutti questi motivi, c'è chi sostiene che non si tratti di due versioni veramente diverse, ma di una sola con caratteristiche incrociate. Il cervello è il cervello.

Tuttavia, i funzionamenti operativi dei due modelli cerebrali divergono

vistosamente. Metterli a confronto può essere interessante, anche grazie alla loro inerente carica umoristica.

8.1 **MODELLO F® E MODELLO M® A CONFRONTO**

Nessuno si aspetta che la leonessa si comporti come il leone. Neanche il gallo come la gallina. S'immagini allora quanto può diventare tutto complicato a proposito di una donna e di un uomo. Il comportamento della specie umana è talmente dimorfico (dal greco, *dímorphos*, “che ha due forme”) che si è a lungo pensato che le architetture cerebrali lo fossero altrettanto. Il paradosso è che non lo sono quasi per niente. Per ogni studio che propone una divergenza fra i due modelli, ce n'è un

altro che afferma il contrario. Le differenze esistono, ma non così drammatiche quanto i rispettivi comportamenti lascerebbero supporre.

Nelle tavole che seguono, le presentiamo le idee più consolidate sul dimorfismo della specie umana, che non vanno interpretate in senso assoluto ma come fattori di prevalenza nelle distribuzioni statistiche, dove talvolta la differenza fra i due modelli cerebrali è a dir poco irrisoria.

MODELLO F® (XX)	MODELLO M® (XY)
Il cromosoma X contiene circa 1500 geni che codificano proteine essenziali,	Il cromosoma Y (non a caso considerato un “deserto genetico”)

<p>anche per lo sviluppo cerebrale. Avendo due X, il Modello F® possiede una copia di sicurezza</p>	<p>contiene meno di 200 geni e di questi solo 72 codificano proteine. Il Modello M® possiede una sola X, senza <i>backup</i></p>
<p>Cervello più efficiente (in proporzione consuma meno glucosio)</p>	<p>Cervello mediamente più grande del 10% (in proporzione al corpo)</p>
<p>Corteccia cerebrale più spessa, talami più grandi</p>	<p>Amigdale, ippocampi, striato e putamen più grandi</p>
<p>Corpo calloso strutturalmente più complesso</p>	<p>Corpo calloso strutturalmente più grande</p>
<p>Più connessioni inter-emisferiche (fra emisferi) secondo</p>	<p>Più connessioni intra-emisferiche (negli emisferi) secondo</p>

alcuni facilitano la comunicazione fra il pensiero analitico e quello intuitivo

alcuni facilitano la comunicazione fra la percezione e l'azione

Al contrario di quanto si è a lungo creduto, i due sistemi cognitivi non presentano differenze significative. E al contrario di quanto si è a lungo discriminato, neppure i test di intelligenza: i Modelli F® risultavano leggermente sotto la media M nei test in cui si sentivano inferiori rispetto agli uomini. Una volta rimosso il pregiudizio, non si registrano differenze.

I comportamenti, invece, sono palesemente diversi e cominciano a differenziarsi già in tenera età. Ma qui sorge la consueta domanda: conta più la

natura o la cultura? La bambina preferisce la bambola e il bambino il camion perché è determinato dai loro geni (e dai rispettivi ormoni), oppure perché imparano entrambi a comportarsi secondo il consueto percorso di imitazione e ricompensa? Tutto lascia pensare che prevalga la natura, ma anche la cultura non scherza.

MODELLO F® (XX)	MODELLO M® (XY)
Prevalenza nella capacità di linguaggio (parla molto)	Prevalenza nelle capacità matematiche (parla meno)
Batte il Modello M® nella percezione delle emozioni altrui (empatia, rapporti	Batte il Modello F® nelle capacità di navigazione spaziotemporale

sociali)	(orientamento)
Esperienze emotive più forti, memoria emotiva più solida	Sopravvalutazione delle proprie abilità
Lo stress (ad esempio sotto esame) abbassa la performance	Una certa dose di stress tende ad aumentare la performance
Controllo del comportamento	Inclinazione a correre rischi
Con le amiche mantiene il contatto visivo e il confronto faccia a faccia	Con gli amici non si guarda negli occhi e resta in posizione laterale o angolata
Recenti mutamenti sociali hanno aggiunto la possibilità di fare	Recenti mutamenti sociali hanno aggiunto la possibilità di prendere il

l'amministratore
delegato, il servizio
militare e di essere
sessualmente più
intraprendenti

permesso di paternità,
di piangere al cinema
e di usare prodotti
cosmetici

Il pavone maschio, col suo ventaglio multicolore, è molto più appariscente (e impacciato) del pavone femmina. Il mandrillo maschio è tre volte più grande della sua compagna. Questi dimorfismi, come tutti i dimorfismi sessuali del mondo, hanno una precisa funzione evolutiva: raggiungere la camera da letto.

Non a caso, è proprio quando si parla di sesso e delle sue influenze ancestrali, che le “prevalenze” fra i due modelli finiscono per somigliare sempre

più agli stereotipi delle riviste femminili («Ecco dieci consigli efficaci per riconquistarlo») e anche maschili («Sette cose da dire per farla impazzire a letto»).

MODELLO F[®] (XX)	MODELLO M[®] (XY)
Pensa al sesso con moderazione, fuorché durante l'ovulazione quando (magari a livello subliminale) si espone di più	Pensa al sesso senza alcuna moderazione, più volte al giorno, tutti i giorni. Se non lo confessa, mente
Concepisce il sesso come un mezzo (evolutivamente, un rapporto stabile è funzionale alla	Concepisce il sesso come un fine (evolutivamente, lo spargimento dei geni è funzionale alla

sopravvivenza della prole)	prosecuzione della specie)
Nella scelta del partner, lo <i>status</i> conta più dell'aspetto fisico	Nella scelta del partner, l'aspetto fisico conta più dello <i>status</i>
Più alto è il senso di autostima, minore è la propensione alla promiscuità	Più alto è il senso di autostima, maggiore è la propensione alla promiscuità
In caso di gelosia, reputa più grave il "tradimento emotivo" (che mette a repentaglio il rapporto)	In caso di gelosia, reputa più grave il "tradimento fisico" (che mette a repentaglio la certezza della paternità)
Nella fase amorosa,	Nella fase amorosa, prevalenza di

<p>prevalenza di dopamina, estrogeni e ossitocina</p>	<p>dopamina, testosterone e vasopressina</p>
<p>«A che serve l'orgasmo nella donna?», si sono chiesti molti (cervelli M) nel passato. In verità, l'esperienza sessuale femminile pare essere qualitativamente superiore e più “variegata”</p>	<p>Credeva (o crede?) che il suo orgasmo sia il centro del mondo</p>
<p>Può essere psicologicamente costretta a simularlo</p>	<p>Può essere psico-idraulicamente costretto a rinunciarvi</p>

Le differenze fra i due genomi (a

cominciare dai cromosomi X e Y) e fra i rispettivi sistemi ormonali contribuiscono anche a esporre i due modelli cerebrali a diverse patologie prevalenti. Il sogno futuribile della medicina personalizzata comincerà a realizzarsi solo quando la scienza medica sarà finalmente in grado di formulare e dosare terapie specifiche per ciascuno dei due modelli.

MODELLO F® (XX)	MODELLO M® (XY)
Depressione, ansia	Autismo, schizofrenia
Shopping (c'è chi dice che sia incline al gioco d'azzardo, ma in realtà lo è assai	Alcool, droghe, gioco d'azzardo

meno dell'altro modello)	
<p>La sindrome premestruale comporta 200 diversi <i>possibili</i> sintomi fisici ed emotivi che <i>possono</i> durare 6 giorni e cambiare temporaneamente la visione del mondo</p>	<p>Incapacità strutturale nel comprendere che la sindrome premestruale può ripresentarsi regolarmente nei Modelli F®, ogni 28 giorni</p>
<p>Non soffre di emofilia, di distrofia di Duchenne e (quasi mai) di daltonismo</p>	<p>Non soffre della Sindrome di Rett</p>
<p>Il “sesso debole” ha una soglia del dolore più alta</p>	<p>Il “sesso forte” mal sopporterebbe il dolore del parto</p>

La lista delle divergenze fra i due modelli potrebbe andare avanti a lungo. Per brevità, ne aggiungiamo solo altre cinque.

MODELLO F® (XX)	MODELLO M® (XY)
Il 95% degli ultracentenari è femmina	Il 5% degli ultracentenari è maschio
Ha iniziato a votare molto dopo	In media guadagna di più
Il femminismo è <i>politically correct</i>	Il maschilismo è <i>politically incorrect</i>
In alcuni casi, può non prendere la multa	In alcuni casi, può non prendersi responsabilità
Si chiede sempre:	Si chiede sempre:

«Perché l'uomo non
pensa come una
donna?»

«Perché la donna non
pensa come un
uomo?»



9.0 PROBLEMI COMUNI

La drapetomania è una malattia mentale che porta a conseguenze terribili. Scoperta a metà Ottocento dal chirurgo americano Samuel Cartwright – che ci scrisse sopra un trattato – era ritenuta un disturbo inspiegabile della personalità: spingeva gli schiavi a darsela a gambe.

Se quasi due secoli più tardi possiamo ridere su questa malattia inventata di sana pianta, altrettanto non si può fare con altre malattie

immaginarie come l'omosessualità, drammaticamente rimasta iscritta nella lista dei disturbi mentali fino al più recente 1973.* Nei secoli, tutto quell'enorme ventaglio di "anomalie", che vanno dallo stress cronico alla distruttività dell'Alzheimer, è sempre stato oggetto di qualche stigma. Potevi essere lo scemo del villaggio, il matto da rinchiudere o la strega da bruciare. Oggi puoi venire escluso perché cronicamente depresso, o vederti compatire perché autistico.

No, decisamente il cervello non è perfetto. L'Evolutione ha affastellato, duplicato e aggiunto strutture su strutture, talvolta collezionando

imperfezioni. Ma c'è ben di più. Le informazioni genetiche scritte in ogni neurone possono averlo predisposto a una malattia della mente. Predisposto non vuol dire predestinato: studi sulla schizofrenia di gemelli monozigoti (genoma identico al 100%), dimostrano che le probabilità dell'altro gemello di esserne affetto sono solo del 50%. I geni hanno un ruolo colossale, ma non sono un destino.

Inoltre, il cervello può essere vittima di traumi che, a seconda dell'area cerebrale interessata, producono effetti imprevedibili, incluso il cambiamento della personalità. Può essere vittima di

traumi psicologici talmente forti da trasformare completamente la visione di sé e del mondo, oppure – e neanche questo ha una spiegazione – che gli fanno un baffo.

In questo mondo non ci sono due depressioni uguali una all'altra. Non c'è fobia, dipendenza o disturbo che produca gli stessi identici effetti in due esseri umani diversi. Forse neppure nelle sindromi neurodegenerative, che più o meno seguono i decorsi descritti dal dr. Parkinson (1817) e dal dr. Alzheimer (1906), esistono due casi clinici esattamente uguali. Per non parlare dell'autismo, per il quale è stata adottata la dicitura **disturbo dello spettro autistico**, proprio per rimarcare

che non si tratta di un colore, ma di una tavolozza.

Si può soffrire di depressione cronica e vivere tutto sommato normalmente, o al contrario esserne totalmente devastati. Si può avere una forma di schizofrenia senza bisogno di udire voci che non esistono. Si può essere dipendenti in forma blanda dal gioco, dallo shopping e persino dall'eroina, oppure in modalità totalmente distruttiva. Come se non bastasse, la linea di demarcazione fra disturbo mentale e "normalità" è talmente incerta e sfocata che la normalità ha bisogno delle virgolette. Lei cosa definirebbe "normale"?

Se prendessimo per buona la ricerca

inglese che stima una persona affetta da un disturbo mentale (anche minimo) ogni quattro abitanti, dei 7 miliardi e mezzo di cervelli che si aggirano per il pianeta circa 1800 milioni – quanti i cittadini di Europa e Cina messi insieme – risulterebbero avere un problema. Ma non la prendiamo per buona.

Troppo difficile definire le categorie e chi vi appartiene; insensato applicare al mondo intero la media di un solo paese, senza contare che alcuni disturbi risultano essere più frequenti in Occidente che in Asia o in Africa. Però un fatto è innegabile: i problemi di natura cerebrale e mentale sono più comuni di quel che sembra.

Le presentiamo una selezione di

categorie (lunghi dall'essere una lista completa) solo al fine di informarla sui problemi più comuni sperimentati da cervelli come il suo. È divisa in due parti, anche solo per tenere ben separati gli **errori di calcolo** che un cervello può compiere, come nel caso quasi sempre innocuo della sinestesia, dai **malfunzionamenti** veri e propri che conducono a una miriade di disturbi possibili e che richiedono l'attenzione di professionisti specializzati.

9.1 ERRORI DI CALCOLO

La distrazione è un banale errore di calcolo, ma in autostrada può essere fatale. Le illusioni ottiche sono un errore di calcolo, ma certamente meno insidioso delle allucinazioni. Anche l'illusione di qualsiasi cosa che non esiste è un errore di calcolo, come quella di non possedere un arto o di vivere in un mondo dove tutti cospirano segretamente contro di te.

Anche gli estremi della personalità potrebbero essere iscritti fra gli errori di calcolo, come il narcisismo («sono un dio») e il nichilismo («sono un niente»). O come la psicopatia, un «disturbo antisociale di personalità»,

caratterizzato principalmente da scarsa empatia, abbondante egocentrismo e zero rimorsi.

C'è chi non ha paura di praticare il *free-climbing* e chi indossa la mascherina perché ha il terrore dei microbi. Chi vive solo per gozzovigliare il sabato notte da una festa all'altra e chi è affetto da antropofobia, la “paura dell'uomo”, forma estrema e patologica di timidezza. C'è chi adora viaggiare in aereo e brama di accumulare il famoso milione di miglia (come George Clooney nel film *Up in the Air*) e chi ha un tale terrore del volo da piangere e tremare per l'intera trasvolata intercontinentale (come sul volo Sydney-Dubai di qualche anno fa).

Nell'immensa variabilità del cervello *sapiens* si nasconde l'immensa variabilità degli errori di calcolo. Non tutti sono un "disturbo", non tutti sono un destino, ma in qualche caso possono essere terribili. Li presentiamo in (presunto) ordine di gravità.

9.1.1 Sinestesia

Cosa avevano in comune Franz Liszt, Wassily Kandinsky e Duke Ellington? Erano tutti e tre sinesteti. Nel loro cervello, le percezioni di un canale sensoriale (l'ascolto di suoni) provocava l'attivazione di un altro senso (la visione di colori).

Ma le variazioni sul tema della sinestesia – dal greco *syn*, “unione” e *aisthànesthai* “percepire”, “percepire insieme” – sono numerose quanto quelle di Liszt. C’è chi si sente toccare quando vede qualcun altro che viene toccato. C’è chi sperimenta sensazioni gustative quando sente pronunciare alcune parole, come la parola “avventura” che sa leggermente di lampone. C’è chi associa lettere, numeri, nomi di giorni e mesi con identità antropomorfe, tipo il giovedì che è maschio, in sovrappeso e irritabile. C’è chi ha una sinestesia auditiva-tattile, ovvero avverte segnali fisici in risposta ai suoni. E via così, con altre decine di possibili intrecci sensoriali.

Grazie a YouTube molte persone hanno scoperto di possedere una capacità che potrebbe rientrare nei confini della sinestesia. Si chiama ASMR (*autonomous sensory meridian response*) e produce una strana ma piacevole sensazione fisica nel retro della nuca, in risposta a due possibili fenomeni: l'ascolto di una voce sussurrante o di lievi rumori di sfregamento; oppure – per strano che possa sembrare – la vista di *qualcun altro* che sta facendo un lavoro di precisione con le mani.

La sinestesia è perlopiù piacevole e apparentemente funzionale alla produzione artistica. Qualche volta però, può essere una tortura. È il caso della

variante chiamata **misofonia**: in risposta a precisi suoni o rumori, si sperimentano paura, odio e disgusto.

Secondo alcuni, la sinestesia potrebbe derivare dalla mancata “potatura” di alcune connessioni neuronali durante l’infanzia, [►83] col risultato che alcuni sentieri sensoriali parlano troppo fra di loro.

9.1.2 **Placebo e nocebo**

Il cervello riesce a credere – e perfino a risollevarsi – quando lui stesso si auto-dice che le cose non vanno poi così male. [►129] Ma è davvero così facile imbrogliare un sistema nervoso

centrale? È possibile che il centro dell'intelligenza, che è peraltro lo stesso del dubbio o del sospetto, venga facilmente preso per il naso? Se nella sua cerchia di amici c'è un truffatore professionista e un medico chirurgo, provi a chiedere a loro. Entrambi risponderanno di sì. Ma sappia che le storie più sorprendenti saranno quelle del dottore.

Che si possano alleviare i sintomi di una patologia facendo credere al paziente di essere sotto cura, i medici lo avevano intuito da secoli, ma è solo nel Settecento che questo bizzarro effetto psicologico è stato battezzato *placebo*, dal latino "io piacerò". Il fenomeno, che è stato provato e riprovato con medicine

fasulle e addirittura chirurgie simulate, è fondamentalmente un mistero. Sappiamo che può coinvolgere i neurotrasmettitori e che può attivare diverse aree del cervello, dalla strategica corteccia prefrontale [▶60] alle emotive amigdale. [▶51] Però sappiamo anche che non funziona con tutti i pazienti, ma solo con alcuni. Si sospetta che la differenza fra i due gruppi abbia radici genetiche, ma non ci sono prove conclusive a riguardo.

Inoltre, questa sorta di trucco psicologico che inganna *felicemente* il cervello – non soltanto con una pillola, ma con un intero cerimoniale officiato da camici bianchi – serve ad alleviare i sintomi di una malattia, ma raramente a curarla. Quando funziona, lo fa talmente

bene che può produrre anche l'effetto opposto: ingannare *infelicamente* il cervello. Fra i pazienti convinti che la loro medicina abbia effetti malsani sul proprio organismo, alcuni si sentiranno male per davvero. È un altro esempio di errore di calcolo che può compiere il cervello. Lo chiamano *nocebo*, “io nuocerò”. È il curioso rovescio di una strana medaglia.

9.1.3 Pregiudizi cognitivi

La teoria economica concepisce l'essere umano come un agente del tutto razionale e interessato a massimizzare il proprio profitto, il cosiddetto *Homo*

oeconomicus. Peccato che quest'idea della razionalità sia un tantino infondata, perché i due meccanismi del pensiero – sopra e sotto la soglia della coscienza [▶127, 138] – riescono a mischiare le carte. Questo non vuol dire che il cervello “rettile” sia irrazionale, o almeno non necessariamente. Vuol dire che anche nelle più razionali convinzioni, pensieri e comportamenti, lei può essere potenzialmente vittima di una lunga serie di possibili pregiudizi cognitivi. Così lunga da mettere seriamente in dubbio questa storia del raziocinio. Non a caso è nato un nuovo campo interdisciplinare, la neuroeconomia, che studia l'iceberg dei processi decisionali, dove la parte

“visibile” e cosciente, quella che apparentemente seleziona le alternative da scegliere, è solo la minima parte che emerge dall’acqua.

Le presentiamo una dozzina di questi errori di calcolo cognitivi (solo una minima parte di quelli descritti dagli psicologi), immaginando che nella sua vita lei abbia già fatto la conoscenza con qualcuno di loro.

Apofenia. Così come il sistema visivo è specializzato nel trovare dei *pattern* in tutto quel che arriva dalle retine, [►105] la corteccia deduce la presenza di schemi articolati in eventi del tutto casuali, come ad esempio le estrazioni del lotto o qualunque tipo di

divinazione, dalle foglie di tè ai tarocchi.

Pregiudizio dello scommettitore. Simile all'apofenia. Consiste nel credere che, siccome è uscito "testa" per cinque volte di fila, al prossimo lancio è più probabile che esca "croce". La matematica dissente: le probabilità sono 50/50 a ogni lancio.

Effetto carovana. La tendenza a credere in qualcosa perché molti altri ci credono. Tutti i più sgradevoli casi di follia di massa registrati dalla storia hanno incorporato questo comune errore di calcolo.

Effetto "senno di poi". Gli eventi

passati che all'improvviso appaiono prevedibili: «Lo sapevo» vien da pensare. È un'assurdità, eppure tutti coloro che comprano e vendono titoli in borsa conoscono bene l'effetto, e difficilmente lo abbandonano.

Pregiudizio della conferma. Qualunque nuova informazione – anche se falsa o contraria – conferma le precedenti credenze e ovviamente confuta quelle opposte. È più frequente nelle credenze consolidate, come la fede religiosa, politica o sportiva.

Declinismo. La netta sensazione che vada tutto peggio di una volta, in una spirale di pessimismo. È ovvio che nella

vita può succedere. Ma *tutto e sempre* è un po' improbabile.

Pregiudizio dell'ancoraggio. La prima informazione che viene percepita diventa l'ancora del ragionamento successivo. Un trucchetto usato dal rivenditore che spara per prima cosa il prezzo (alto) di un'automobile usata, dopodiché qualsiasi altro modello a un prezzo più basso sembra un vero affare.

Pregiudizio conservativo. Quando la novità viene vista con sospetto e sottovalutata rispetto alle precedenti convinzioni.

Effetto novità. Tutte le nuove informazioni, che siano bizzarre,

divertenti o con un forte impatto visuale, hanno una priorità nei meccanismi cognitivi, mentre tutte quelle attese e “normali” passano in secondo piano. Alla fine del telegiornale, lo sciopero dei metalmeccanici resta meno impresso di quel tizio che ha tirato una torta in faccia alla regina.

Pregiudizio dello stereotipo. Visto che il sistema della memoria è basato su associazioni e categorizzazioni, quando il cervello possiede solo informazioni parziali, le completa automaticamente facendo ricorso alle categorie associate. [►188] *Voilà*, ecco lo stereotipo.

Illusione della trasparenza. È vero che,

grazie ai meccanismi dell'empatia, [►132] un cervello riesce a percepire lo stato mentale dell'altro. Ma da qui a *sapere* cosa pensa veramente, ce ne corre. Se le capita di conoscere i pensieri altrui, ci dispiace informarla che si tratta di un'illusione.

Pregiudizio dell'angolo cieco (*Bias blind spot*). Se lei si accorgesse che tutti questi pregiudizi influenzano il modo di pensare dei suoi amici, colleghi o familiari molto più del suo, sappia che si tratta di un pregiudizio.

9.1.4 **False memorie**

«L'intelligenza è la moglie, l'immaginazione è l'amante e la memoria è la serva». La battuta di Victor Hugo, ottocentesca ma un tantino *politically incorrect*, vede l'intelligenza come una proprietà da preservare, l'immaginazione come una scappatella e la memoria come un servizio dovuto. Peccato si tratti di un servizio non troppo affidabile.

La memoria è ricostruttiva, non riproduttiva. In parole più semplici, non è come un videoregistratore che riproduce i fotogrammi filmati, ma come un magazziniere che deve ricostruire tutti i pezzi di un evento, collegati fra di loro da associazioni mentali a catena. Ogni volta che viene richiamata,

ciascuna memoria già rischia di essere leggermente errata, salvo di veder aggiunto qualche errore la volta successiva. In qualche caso può diventare non più affidabile.

Una pletora di esperimenti e studi psicologici ha dimostrato senza ombra di dubbio che le memorie sono deboli, che si deteriorano, che possono essere alterate dall'esterno e addirittura "impiantate" da zero abbastanza facilmente. Il che pone almeno tre ordini di questioni. Per cominciare, Elizabeth Loftus, celebre studiosa delle false memorie, sostiene che negli Stati Uniti oltre 300 condannati sono stati scarcerati dopo decenni grazie alla prova del DNA: di questi, tre quarti

erano finiti nei guai per colpa di almeno un testimone con la memoria difettosa. Secondo: le *fake news*, le notizie false diffuse via Internet sono diventate un fenomeno dilagante a partire dal 2016, cerebralmente facilitato dalla collezione di memorie per “sentito dire” e da una pletora di pregiudizi cognitivi. Terzo: è una proprietà utilissima per il leader di un regime totalitario che è solito impiantare memorie fasulle nel popolo, come accade nella Corea del Nord del Ventunesimo secolo.

Nella scala della gravità patologica, esiste anche una sindrome della falsa memoria che porta con sé tutti i sintomi dell'esperienza traumatica, salvo il fatto che è del tutto immaginaria. Secondo la

professoressa Loftus è spesso associata con le terapie basate sul recupero di memorie passate.

9.1.5 Abitudini e dipendenze

Che invenzione, l'abitudine. Serve a guidare la macchina senza che ogni volta ci sia bisogno di re-imparare come si fa. Serve a evitare le carie perché, non appena installata, il bisogno di lavarsi i denti sorge automaticamente. In definitiva, serve anche a vivere a lungo, visto che si può forgiare l'abitudine all'esercizio fisico, a bere molta acqua o a stare lontano dai guai.

Nel predisporre il modulo, già molti milioni di anni fa, l'Evoluzione ha combinato strutture e funzionalità di tre sistemi esistenti: quello dell'apprendimento (in particolare il condizionamento), [▶65] quello della memoria (il meccanismo dell'associazione) [▶69] e quello della ricompensa (la molla dopaminergica della motivazione). [▶140] Ovviamente, il tutto evoluto nei secoli dei secoli per fornirle un servizio integrato e veloce, compatibile con la sua versione di sistema *sapiens*. [▶18]

Che dannazione, l'abitudine. In taluni casi, spinge la gente a mangiare anche senza lo stimolo della fame, ogni volta che guarda la tivù. Costringe a fumare

l'ennesima sigaretta anche senza averne voglia, subito dopo un caffè. Sollecita l'acquisto compulsivo di oggetti non necessari, ogniqualvolta l'umore va giù. È tutto altrettanto automatico, apparentemente consapevole eppure inconscio. L'abitudine si radica più o meno velocemente ma sempre in maniera incrementale, producendo alla fine una sorta di classico condizionamento pavloviano. [▶65] A quel punto basta uno specifico segnale di via, associato a qualcos'altro – la tivù, il caffè, lo stato emotivo – per accendere l'ardente desiderio di ottenere la ricompensa: la fetta di torta, la nicotina, l'ennesimo paio di scarpe da lasciare nell'armadio.

Quando quel desiderio si fa insopprimibile, ossessivo e irrinunciabile, l'abitudine diventa una dannazione per davvero. Si chiama dipendenza.

C'è una dipendenza da sostanze endogene (cibo, alcool, nicotina e droghe varie) che va a solleticare il sistema della ricompensa, perlopiù tramite recettori specializzati pre-installati nel cervello, come quelli dei cannabinoidi o degli oppiacei. In quest'ultimo caso, la dipendenza può essere devastante perché sono forti la tolleranza (il bisogno di aumentare la dose), l'astinenza e le ricadute. In realtà sono poche le sostanze che creano una dipendenza forte come l'eroina o la

cocaina. Chi smette di fumare avverte il bisogno *fisico* di nicotina, ma gli effetti dell'astinenza non durano più di cinque o sei giorni. Quel che rende la sigaretta difficile da abbandonare, è nascosto sotto la soglia della coscienza.

Ma c'è anche una dipendenza da specifici comportamenti, non tutti originalmente previsti. Negli ultimi 10mila anni, prima a passo di lumaca poi ai ritmi sostenuti di oggi, l'accelerazione tecnologica è stata spaventosa: un lasso di tempo troppo breve, per consentire all'Evoluzione di tenere il passo. Cosicché lo shopping, la televisione, i videogame, il porno o il gioco d'azzardo possono all'occorrenza prendere il sopravvento sulla

razionalità. Con una novità non trascurabile: dai primi anni del Ventunesimo secolo sono tutti quanti raggiungibili tramite il network digitale planetario, col risultato che l'acquisto compulsivo, l'auto-erotismo e la mano a poker sono disponibili ventiquattr'ore al giorno, 365 giorni all'anno. E lontano da occhi indiscreti.

Non tutti i cervelli sono ugualmente inclini a trasformare un qualsiasi divertimento dopaminergico in un'ossessione impossibile da rifuggire. Alcuni non sono minimamente sfiorati dalla possibilità di esagerare con le merendine a ogni ora del giorno, né con le sigarette o la televisione. Molti sviluppano qua e là nella vita cattive

abitudini veniali (mangiarsi le unghie, usare troppo Facebook), cattive abitudini comportamentali (arrabbiarsi sempre, vedere solo il lato negativo, non fare alcun esercizio fisico), magari fino a sviluppare una o più dipendenze più o meno inconfessabili.

Ma ci sono cervelli che perdono letteralmente la testa. Basta una breve visita a Las Vegas per vedere come l'azzardo, la nicotina, l'alcool e il sesso vadano allegramente mano nella mano. C'è un legame, anche genetico, che unisce le dipendenze nelle loro forme più acute. In questi casi, è raccomandabile chiedere assistenza alle istituzioni sanitarie e alle associazioni di volontariato che si occupano dello

specifico problema. A maggior ragione quando l'utente lo giudica serio.

Più o meno però, il meccanismo con il quale si formano abitudini e dipendenze è sempre lo stesso. Prima di andare a letto, o la mattina al risveglio, si promette di non ripetere quell'azione, agognata e indesiderata al tempo stesso: smettere di trangugiare quel bicchiere che accorcia la vita, di stragiocare a quel videogame che toglie tempo alla vita, di ingurgitare la merendina che aumenta il girovita. Sembra la cosa razionale da fare, no? E invece, poco più tardi, infrangere la promessa con se stessi diventa assolutamente razionale: quantomeno, dal punto di vista di placare *subito* il sistema della

ricompensa. Il progetto è rimandato all'indomani. E il circolo si ripete.

Il sistema della ricompensa include sicuramente un piccolo lato cosciente e deliberativo (come il piacere di aver fatto bene il proprio lavoro), ma è letteralmente dominato dal lato ancestrale del cervello, che predilige il piacere a breve termine. Saper rinviare il piacere è una funzionalità utilissima in tutto l'arco della vita ed è un'abitudine impiantabile in qualunque sistema. È precisamente il motivo per cui un cervello non può essere installato correttamente se, nei primi anni di vita, nessuno gli dice mai di no: perché si abitua a un mondo della cuccagna che non esiste. [►170]

Alla stessa stregua, siamo davvero felici di informarla che, coltivando contro-abitudini positive, si possono disinstallare le abitudini indesiderate, incluse quelle che appaiono incontrollabili. Con questo trucco, il cervello razionale può, se non assumere il controllo, quantomeno modificare e influenzare quello automatico.

Una bella sintesi l'ha fatta il giornalista statunitense Charles Duhigg nel libro *Il potere delle abitudini*. Prendiamo un cervello che abbia la cattiva abitudine di mangiare una fetta di torta al bar tutti i giorni dopo la riunione delle tre, nonostante le analisi del colesterolo gli suggeriscano molto razionalmente che è meglio di no. La

fine della riunione è il **segnale**, azzannare la torta al cioccolato è la **routine** e il conseguente effluvio di endorfine, dopamina e zuccheri è la **ricompensa**. Perdoni la banalità dell'esempio, sta a lei riadattarlo alle abitudini che le interessano più da vicino. Ma, in ultima analisi, la ricetta sta nell'identificare il segnale che accende il bisogno di una sostanza o di un comportamento, e a quel segnale cambiare la routine dell'abitudine con un'altra abitudine capace di dare comunque una ricompensa, per piccola che sia.

Dopo la riunione delle tre, si può andare a fare quattro chiacchiere con i colleghi (le attività sociali producono

dopamina) mentre intanto si beve un bel bicchier d'acqua (proiettando nel futuro un'immagine di sé più affusolata e "sexy"). Ripetendo questo ciclo, inizialmente non altrettanto piacevole, si può cancellare in poco tempo l'abitudine indesiderata. Con un po' più di sforzo, anche una dipendenza.

Certo, è più facile a dirsi che a farsi. Però è bene avere chiara l'idea di fondo: il circolo vizioso automatico *può* essere spezzato da un circolo virtuoso usando lo stesso meccanismo. Il suo cervello è plastico, non lo dimentichi.

9.1.6 Stress cronico

Il «logorio della vita moderna», stigmatizzato da una celebre pubblicità televisiva nell'Italia degli anni sessanta, è cominciato parecchi milioni di anni fa. Ovvero quando l'Evoluzione ha gradualmente introdotto sul pianeta Terra uno straordinario meccanismo automatico di sicurezza, chiamato paura. [▶117]

È verosimile che la vita (non esattamente moderna) di un rettile di 300 milioni di anni fa fosse un tantino più logorante di quella che lei conduce oggi. Però, se ci pensa bene, giusto pochi secoli fa anche la vita umana – in assenza di leggi giuste, di supermercati, di anticoncezionali e di antibiotici – doveva essere piuttosto stressante. No,

lo stress non è stato inventato di recente come quella *réclame* (con l'attore Ernesto Calindri seduto a un tavolino in mezzo alla strada) voleva dare a intendere. Tuttalpiù, è vero il contrario: lo stress si è evoluto per funzioni che non hanno a che vedere con il capo ufficio esigente, le scadenze fiscali e le code in tangenziale.

Come nel caso della paura, l'ipotalamo [▶53] non perde tempo nel rispondere allo stress: ordina alle ghiandole surrenali di produrre *istantaneamente* adrenalina. [▶31] L'ormone che prepara al combattimento o alla fuga fa aumentare la pressione e il battito cardiaco per irrorare di sangue i muscoli, vuoi per picchiare, vuoi per

correre. Oggi molti cervelli (certo non tutti) trovano la sensazione così gradevole che pagano volentieri per vedere un film horror o per buttarsi da un dirupo col paracadute.

Se l'allarme è continuato però, le ghiandole surrenali hanno un altro tipo di freccia al proprio arco: il cortisolo, spesso chiamato "ormone dello stress". [▶35] La differenza fra lo stress e la paura si gioca tutta nella quarta dimensione, il tempo. [▶113] La paura è nata per evitare di diventare il pasto di un predatore e durava il tempo necessario per cercare di sopravvivere: una partita di qualche minuto. Lo stress è il suo naturale risultato quando un forte stato di ansietà viene prolungato per

mesi o anni, in risposta alla scomparsa di una persona amata, al matrimonio finito male o magari a un lavoro massacrante in un ambiente ostile. Pensi lei al suo stress preferito, a condizione che sia prolungato nel tempo. È lì che i livelli di cortisolo rischiano di debordare.

In estrema sintesi, il cortisolo inibisce il sistema immunitario, interferisce col sistema endocrino e attacca in particolare gli ippocampi, [►52] nei casi peggiori danneggiandoli fisicamente. Ecco perché l'ormone dello stress interferisce con i meccanismi della memoria e dell'apprendimento, che sono regolati proprio dagli ippocampi (ed ecco perché non è una

buona idea usare minacce e brandire punizioni fra i banchi di scuola). [►159]

Dunque, lo stress è una cosa brutta e cattiva, giusto? Sbagliato. Se non ci fosse, nessun atleta sarebbe in grado di superare se stesso. «Quando hai la palla fra i piedi e decine di migliaia di voci ti incitano a correre verso la porta – raccontò una volta Roberto Baggio, il calciatore fuoriclasse – l’adrenalina ti mette le ali». Un certo grado di stress può essere addirittura ricreativo, come si diceva. Può anche essere creativo, nel senso che mantiene quello stato mentale vigile che è necessario per scrivere un libro nei tempi previsti dal contratto con l’editore. Numerosi studi confermano che, nella giusta dose, lo stress aumenta

la produttività sul lavoro. A patto di non portarlo sopra un certo livello (e certi “capi” ci riescono benissimo) perché viceversa la produttività cala. È tutta una questione di misura.

In qualche occasione la misura può non essere colma, ma stracolma. È il caso dello **stress post-traumatico** che produce quanto sopra ma moltiplicato per dieci o per cento volte, inclusi i danni permanenti alla memoria. Si riscontra in singoli casi di stupro, di violenze o nei casi di abuso in giovane età. Ma può essere generato anche su scala industriale: il Dipartimento americano dei Veterani di guerra ha dichiarato ufficialmente che i casi di stress post-traumatico post-Guerra del

Vietnam sono stati 830mila. Niente di cui il Pentagono possa andare fiero.

Lo stress non è di per sé un errore di calcolo del suo sistema nervoso centrale. Diciamo che i conti non tornano quando gli stessi identici meccanismi della paura vengono attivati troppo vivacemente e per troppo tempo. Per questo, la gestione dello stress è una parte importante, per non dire vitale, del controllo cognitivo. [►170]

Secondo l'OMS (l'Organizzazione Mondiale della Sanità), stress e altri disturbi mentali sono prevalenti in Europa e nel Nord America, rispetto al resto del mondo. Ovvero laddove è originato il sistema capitalistico di mercato e, in qualche modo, la

“modernità”. Un po’ è anche colpa della vita moderna, se l’antico stress logora il cervello.

9.1.7 Fobie e illusioni

La paura del futuro, dicono le statistiche dell’OMS, è più diffusa nel mondo occidentale che nel resto del pianeta. Si chiama ansia.

L’ansia, a conti fatti, consiste nel preoccuparsi per eventi che devono ancora accadere, realistici, improbabili o impossibili che siano. Come sempre il cervello risponde con i meccanismi della paura: un rilascio ormonale che aumenta il battito cardiaco. Se vuole,

può fare una prova su di sé. Si concentri. Chiuda gli occhi e cominci a rappresentare nella mente un evento che lei teme terribilmente, e vada avanti per un minuto a immaginarne dettagli e conseguenze. Sentirà nel petto il sistema cardiaco che reagisce. Eppure un minuto dopo, a esercizio finito, tutto torna come prima. Se al contrario il pensiero negativo continua a girare su se stesso, mai interrotto da un contro-pensiero positivo, viene rinforzato dai meccanismi automatici della memoria [▶69] e lo stato ansioso diventa cronico, con una miriade di varianti, anche debilitanti.

Nei casi estremi può diventare fobia. Ovvero il persistente timore di qualche

cosa, evento o situazione, che in qualche caso sfocia in attacchi di panico, caratterizzati proprio dal circolo vizioso che si avvita senza niente di virtuoso che lo sviti. Anche mettendo da parte le fobie più note al grande pubblico (ragni, serpenti, grandi spazi, piccoli spazi, parlare in pubblico, volare e ovviamente la morte), il numero di quelle ufficialmente catalogate è davvero alto. Si può avere una paura insopprimibile del tempo che passa, dei demoni, dei dentisti, del freddo, del sole, del colore rosso, dei germi, dei numeri, degli odori, dei sogni, degli specchi, degli organi sessuali, di essere guardati, di restare soli e via di seguito.

Non c'è niente di nuovo: i substrati

neuronalì della paura sono sempre gli stessi e coinvolgono tanto le amigdale [▶51] quanto il sentiero ipotalamo-pituitaria-ghiandole surrenali. [▶53] Le fobie originano solitamente da traumi psicologici, ma non senza qualche aiuto dalla genetica. È dimostrato che, in molti casi, le terapie cognitivo-comportamentali riescono ad alleviare, se non addirittura a cancellare, numerose fobie. Esistono filmati, reperibili su YouTube, di ex-aracnofobi che tengono tranquillamente in mano un ragno grande e peloso.

Sulla scala dei disturbi più gravi, non necessariamente connessi alla paura, si incontra poi una serie di errori di calcolo che riguardano una singola

fissazione, quella che è chiamata **illusione monotematica**. Può derivare da traumi, danni cerebrali o da malattie mentali più gravi. C'è chi crede che un amico o un parente sia stato rimpiazzato da un sosia. Chi crede di incontrare più persone, che sono in realtà la stessa ma ritenuta capace di assumere identità diverse. C'è chi esclude di essere quella persona riflessa nello specchio. O chi, spesso dopo un ictus, esclude categoricamente che il braccio sinistro o l'intero lato destro del corpo gli appartengano. È chiamata **somatoparafrenia**.

Ma si può andare anche più in là. Un cervello affetto da **apotemnofilia** desidera ardentemente di perdere uno

specifico arto del proprio corpo mediante amputazione, spesso con una componente di eccitazione sessuale. In caso di **acrotomofilia**, invece, il desiderio bruciante è di avere rapporti sessuali con partner amputati.

Siamo alla soglia estrema, dove gli errori di calcolo diventano malfunzionamenti.

9.2 MALFUNZIONAMENTI

Negli ultimi stadi dell'evoluzione dell'*Homo sapiens*, alcuni drastici cambiamenti nell'espressione dei geni hanno contribuito a incrementare l'attività cerebrale, la qualità delle connessioni sinaptiche e la loro plasticità. C'è chi ritiene che questo aumento della complessità abbia scoperto il fianco alle **patologie neuropsichiatriche** come la schizofrenia e a quelle **neurodegenerative** come il Parkinson. Nonostante altre specie animali non ne siano immuni, gli umani sembrano essere sensibilmente più vulnerabili ai malfunzionamenti cerebrali.

9.2.1 Autismo

Derek Paravicini vive a Londra e suona il piano dall'età di due anni. Oggi, che di anni ne ha quasi quaranta, partecipa a spettacoli e show televisivi nei quali il pubblico fa le richieste e lui suona qualsiasi canzone a memoria. Pare ne conosca 20mila. Nato prematuro, e vittima di una terapia sbagliata nell'incubatore, Derek è cieco e soffre dei problemi causati da un improprio sviluppo cerebrale nell'infanzia. Se fosse nato uno o due secoli prima, sarebbe stato ingaggiato in un circo o in un *freak show*. Se fosse nato ancora prima, sarebbe stato rinchiuso o magari eliminato.

Derek è autistico come altre 25 milioni di persone nel mondo. Oggi che i disturbi dello spettro autistico non sono più bollati come opera del demonio o roba del genere, vengono in larga parte curate e rispettate. Nessun caso è uguale. Per generalizzare, potremmo dire che sperimentano un grado variabilissimo di difficoltà nelle relazioni interpersonali, con deficit nella comunicazione, interessi ristretti (se non ossessivi) e una predilezione per i comportamenti ripetitivi. Gradi di variabilità talmente vasti che talvolta li trasforma in *savant* come Derek Paravicini o come Raymond, il personaggio interpretato da Dustin Hoffman nel film *Rain Man*. In qualche caso, l'impatto del disturbo è

minimo. In qualche altro, assai rilevante.

Fra i disturbi dello spettro autistico vengono incluse altre patologie del neurosviluppo, come la **Sindrome di Asperger** (che non intacca il linguaggio o l'intelligenza, ma limita la capacità di comprendere gli altri) o il “disturbo pervasivo dello sviluppo non altrimenti specificato” (un autismo atipico perché appare solo in età adulta, ancora sprovvisto di un vero nome).

Nonostante una radicata leggenda, non c'è la minima prova che l'autismo sia legato ai vaccini. Le cause sono sconosciute, ma la predisposizione genetica è dimostrata dalla prevalenza nei gemelli identici. È prevalente nei cervelli Modello M®. [►175]

9.2.2 Depressione cronica

Definire la depressione è un'impresa ardua, per due motivi. Il primo, è che la parola viene usata sia a sproposito («L'Italia ha perso ai mondiali, sono depresso») che in casi clinici gravi. Il secondo, è che l'umore intonato verso il basso può essere causato da un malfunzionamento del sistema nervoso centrale, ma anche da una miriade di altri motivi: malattie autoimmuni, infezioni batteriche o virali, disturbi alimentari, disturbi del sistema endocrino, concussioni, sclerosi multipla, tumori o altre patologie mentali (come il **disturbo bipolare**, dove si alternano fasi depressive a fasi

maniacoali), che quindi hanno bisogno di tutt'altre cure e attenzioni.

Lasciando perdere le fasi tristi ma passeggera che qualunque cervello può attraversare nella vita (che però non rientrano nella categoria dei malfunzionamenti), la depressione cronica è un fenomeno di portata enorme. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, nel mondo circa 300 milioni ne sono affette e il numero è destinato a crescere sensibilmente da qui a metà secolo. Tristezza, ansietà, mancanza di speranza, senso di vuoto, di inutilità, in qualche caso anche sensi di colpa. Tutti sintomi che portano a ritirarsi dalle attività sociali e a una generale caduta d'interesse. Le cause

stanno in una combinazione di fattori genetici, biologici, ambientali ma anche psicologici: un evento tragico può innescare un effetto a cascata. Il National Institute of Mental Health americano parla di «depressione clinica se presente per quasi tutto il giorno, quasi tutti i giorni per almeno due settimane». Forse due settimane sono un po' poche, ma se il fenomeno è prolungato e la depressione severa o moderata, è necessario chiedere aiuto a degli specialisti.

Negli ultimi vent'anni si è finalmente diffusa l'idea che la depressione è causata da uno squilibrio chimico o biologico del cervello, rimpiazzando secoli di denigrazioni e incomprensioni

nei confronti di chi ne è affetto. Non è un caso che a questo nuovo atteggiamento sociale abbia contribuito il marketing delle case farmaceutiche che reclamizzano in tivù i farmaci SSRI (in America la legge lo permette) con la *stessa nonchalance* con cui pubblicizzano quelli per la tosse.

I farmaci *selective serotonin reuptake inhibitor* sono capaci di bloccare la ricaptazione (in termini laici il riciclaggio) della serotonina, [▶29] prolungandone quindi l'effetto a livello sinaptico. Vengono prescritti in grandi quantità in tutto il mondo, anche se nessuno sa spiegare perché i livelli di serotonina si alzino subito dopo l'inizio della cura, ma il farmaco faccia effetto

dopo diverse settimane.

C'è la netta sensazione che nel futuro [▶222] la ricerca farmacologica saprà fare meglio di così.

9.2.3 Disturbo ossessivo-compulsivo

Azioni, pensieri e a volte anche parole che si ripetono, incessantemente. Essere obbligati a controllare per cinque volte di fila che la porta di casa sia chiusa. Sentire il bisogno di lavarsi le mani anche dopo averlo fatto per dieci volte nell'ultima mezz'ora. Pensare, senza volere, sempre alla stessa cosa. Sono i sintomi più famosi del disturbo

ossessivo-compulsivo che, secondo recenti studi, interesserebbe almeno in una fase della vita il 2,3% della popolazione mondiale, senza significative differenze geografiche o di genere.

Le terapie comportamentali e gli attuali medicinali sul mercato hanno qualche efficacia. Se mai ci fossero dubbi sulla stretta relazione fra la biologia e i disturbi del comportamento, basta ricordare la storia del giovane canadese che nei primi anni novanta, sparandosi un colpo in testa, è sopravvissuto e si è risvegliato senza più nessuna compulsione. [►146]

Evidentemente però, il disturbo non impedisce a chi ne soffre di cambiare il

mondo, visto che non ha impedito al teologo Martin Lutero di cambiare la Cristianità, al matematico Kurt Gödel di cambiare la matematica e la logica, e all'inventore Nikola Tesla di cambiare la vita moderna così come la conosciamo.

9.2.4 Schizofrenia

Quando il pensiero, il linguaggio, la percezione di sé e della realtà si ingarbugliano, c'è la schizofrenia. Nonostante le cause non siano note, l'effetto è un generale sbilanciamento chimico di dopamina, serotonina e glutammato che interferisce con l'intero

sistema sensoriale, fino a sopraffarlo. Le allucinazioni possono essere visive, olfattive, uditive, gustative e tattili. Le illusioni, come credere che i propri pensieri provengano dall'esterno, sono capaci di interferire in modo drammatico con la vita di tutti i giorni.

Quasi nessuno sviluppa la schizofrenia da bambino. Praticamente nessuno da vecchio. Tipicamente la patologia si manifesta verso la fine dell'adolescenza e cresce pian piano fino a rivelarsi appieno intorno ai 25 anni. Gli uomini sono leggermente più colpiti delle donne. I fattori di rischio sono come sempre genetici, ma anche ambientali: condizioni di povertà, di maltrattamento e di abbandono sono

spesso correlate all'insorgere della schizofrenia.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, circa 21 milioni di persone al mondo ne sono colpite. Gli effetti sono legati al livello di gravità della patologia, non sempre sono debilitanti e si sono registrati casi di guarigione.

9.2.5 Neurodegenerazione

La bella notizia è che la durata media dei cervelli continua ad allungarsi, [▶205] grazie a un più corretto stile di vita e a un sensibile miglioramento nelle diagnosi e nelle terapie dei vari sistemi sanitari nazionali. A livello mondiale è

arrivata a 71 anni (68,5 i modelli M® e 73,5 quelli F®), [▶175] ma con forti disparità geografiche: in Giappone è di 83 anni, in Sierra Leone di 50. Però le raccomandiamo di non dimenticare che nel 1900 la durata media globale di un cervello era di appena 31 anni, e nel 1950 di 48.

La brutta notizia è che, complice la vita più lunga e i successi della medicina, nel 2015 l'Alzheimer e altri tipi di demenza senile sono diventati la prima causa di morte in Inghilterra e nel Galles, secondo l'Ufficio Nazionale di Statistica del Regno Unito. È previsto che questo trend si allarghi progressivamente a tutto il mondo industrializzato.

Fra le numerose forme di demenza che causano danni permanenti al pensiero e alla memoria, fino a comprometterne il normale funzionamento, ci sono quelle legate al logoramento della macchina cerebrale che, se prevenuto, possono essere arginate. [▶206] Ma le cose si fanno più complicate nel caso di patologie neurodegenerative come l'Alzheimer (responsabile di oltre il 50% dei casi di demenza), il Parkinson, la malattia di Huntington o la sclerosi laterale amiotrofica (meglio nota come Sla). La neurodegenerazione, capace di colpire su più livelli la complessità del network neuronale, appare sin qui inarrestabile e sostanzialmente incurabile. Dimostra –

esattamente nel verso sbagliato – quanto straordinaria e complessa sia la macchina cerebrale.

9.3 MITI DA SFATARE

Fra luoghi comuni, leggende metropolitane e film a basso tasso di contenuto scientifico, il sistema nervoso centrale è spesso malamente interpretato e considerato. Per favore, controlla bene questa lista di dieci cattive informazioni per verificare se qualcuna non risulti già installata nel tuo cervello. In tal caso ne suggeriamo vivamente la rimozione, per una maggiore affidabilità e funzionalità del prodotto.

Il cervello vede il mondo per quello che è. Beh, no.

Un danno al cervello non si ripara; i

neuroni non rinascono; droga e alcool li uccidono. Il fatto che i neuroni (al contrario di tutte le altre cellule) nascano e muoiano insieme all'utente del cervello [►205] ha portato a credere che le cellule nervose, e le loro sinapsi, siano qualcosa di statico, se non di predeterminato. Al contrario, grazie alla sua innata plasticità, [►73] il cervello è in grado di riattivare o riallocare connessioni interrotte e talvolta intere aree isolate da un trauma. È dimostrato che almeno negli ippocampi (forse anche nei gangli della base) alcuni neuroni continuano a nascere anche in età adulta. Le droghe che, a seconda della molecola, possono essere capaci di prendere completamente in ostaggio il

sistema della ricompensa, [▶140] non producono «buchi» nel cervello come qualcuno suggerisce. E l'alcool che, come lei già saprà, interferisce allegramente con la neurotrasmissione, non «uccide i neuroni» come qualcun altro sostiene: sopravvivono tutti alla sbornia.

Chi usa di più l'emisfero sinistro è incline alla logica, chi usa di più quello destro alla creatività. Già dagli anni sessanta sappiamo che i due emisferi svolgono qualche funzione cerebrale diversa, con una preferenza per il linguaggio a sinistra e per le informazioni spaziali a destra. Però i due emisferi sono intimamente collegati

dall'autostrada del corpo calloso e il cervello opera come una cosa sola, non due. L'idea che ogni cervello sia più dipendente dall'emisfero di destra o di sinistra – per giustificare le personali inclinazioni all'ordine logico o al disordine creativo – sopravvive ancora, ma è stata del tutto screditata. Uno studio del 2012 ha dimostrato che il pensiero creativo coinvolge elettrochimicamente l'intero encefalo.

La sonata per due pianoforti K448 di Mozart fa diventare più intelligenti. È una notizia che negli anni novanta è finita sulle prime pagine dei giornali di tutto il mondo: era stato dimostrato che, dopo aver fatto ascoltare quella sonata a

un gruppo di bambini, i loro test di intelligenza, soprattutto quella spaziale, aumentavano. Nessuno studio è mai più riuscito a replicare l'esperimento. Eppure nel 1998 la Georgia ha distribuito un CD di musica classica a tutti i bambini dello Stato per aumentare la loro intelligenza e l'Effetto Mozart continua a essere citato come se fosse una cosa vera.

Dopo i vent'anni, è tutta discesa. No, non è vero. Alcune funzionalità raggiungono il punto di massima efficienza a vent'anni, altre verso i trenta, altre ancora, come ad esempio il linguaggio, ben dopo i quaranta. La maturazione e il declino cerebrale [►206]

sono molto più complessi di quel che si creda, perché diversi fattori influiscono su diverse facoltà cognitive.

Parole crociate e sudoku tengono il cervello in forma. No, non basta. L'enigmistica, o i programmi software reclamizzati come una difesa contro l'invecchiamento cerebrale, aumentano semplicemente la capacità di risolvere parole crociate e quiz, sono un test per la memoria, ma non aumentano l'intelligenza. È sicuramente utile farli, basta non pensare che siano una panacea. Imparare continuamente nuove cose, al di fuori della propria *comfort zone*, [▶159] è probabilmente più efficace. In parole spicciole, occorre

faticare.

I neuroni specchio hanno forgiato la civiltà umana. Negli anni novanta, all'Università di Parma, è stato scoperto che nelle scimmie alcuni neuroni motori si attivano per innescare il movimento ma anche nel vedere qualcun altro fare lo stesso movimento. Di qui il nome di neuroni specchio. Il neuroscienziato indiano Vilayanur S. Ramachandran ha contribuito a qualche iperbole proponendo una teoria – ormai largamente contestata – che attribuiva loro la funzione di “neuroni dell’empatia”, [►132] responsabili della civiltà umana e quindi, in caso di malfunzionamento, dell’autismo. Al

giorno d'oggi capita di leggere battute del tipo «sono i neuroni specchio che ci fanno piangere al cinema», oppure «è bene andare a visitare gli amici in ospedale per attivare i loro neuroni specchio». Senza nulla togliere all'importanza della scoperta, studi recenti evidenziano che i neuroni specchio sono parte di un'intricata rete di attività neuronali, inclusa l'empatia, che ovviamente si avvale della funzione imitativa. Ma non sono il suo interruttore.

C'è chi può leggere la mente o usare percezioni extra-sensoriali. Il mito, che si è infiammato negli anni trenta del Novecento, consiste nel ritenere il

cervello capace di percezioni che non arrivano dai sensi, ma prodotte dalla mente stessa: dall'intuito infallibile alla chiaroveggenza, fino alla telepatia e addirittura alla telecinesi (la capacità di muovere oggetti con il pensiero). La scienza, l'attività umana che si occupa di capire la Natura con osservazioni verificabili e ripetibili, esclude che ci sia qualcosa di vero. Però c'è chi è convinto del contrario, anche nelle alte sfere. È molto istruttiva la storia di quel gruppo di "spie psichiche" organizzato dalla CIA durante la Guerra fredda, per sperimentare soluzioni militari basate sul pensiero. Ed è molto divertente il film che la racconta, *L'uomo che fissa le capre*.

Il cervello è utilizzato soltanto al 10%. In compenso, Hollywood ha consacrato una vecchia leggenda metropolitana con il film *Lucy*, dove Scarlett Johansson assume per sbaglio un'enorme dose di farmaci nootropici [►222] e la sua intelligenza cresce di ora in ora, fino a dotarla di telepatia, telecinesi e teletrasporto mentale. Fantasie. La verità è che il cervello è già impegnato al 100% a far funzionare l'intero essere umano: la respirazione, il battito cardiaco, la pressione, la digestione, il movimento, l'equilibrio, il pensiero, la pianificazione futura e via dicendo. Guardare la tivù mangiando patatine – che potrebbe sembrare l'apice del “non far niente” – in realtà comporta un

lavoro neuronale di tutto rispetto. Anche durante il sonno, il cervello è pienamente attivo. Questa del 10% è la barzelletta del secolo.

La mente quantistica. C'è chi ha teorizzato, come il fisico Roger Penrose, che la meccanica quantistica abbia un ruolo determinante in alcuni processi cognitivi, a cominciare dalla coscienza. Ovvero la possibilità che le funzioni cerebrali stiano a cavallo fra il Modello standard della fisica che regola *rigidamente* il mondo intorno a noi, e la meccanica quantistica che regola *probabilisticamente* il mondo subatomico. Si tratta di un'ipotesi molto difficile da provare, che sarà forse

verificata o smentita fra molto tempo, almeno a giudicare dalle difficoltà di partenza: «Se credi di aver capito la meccanica quantistica – recita la vecchia battuta del fisico statunitense Richard Feynman – vuol dire che non l’hai capita». In compenso, sono fiorite teorie pseudoscientifiche sull’insita capacità individuale di migliorare la propria esistenza attingendo alle capacità della “mente quantistica” e perfino di guarire dalle malattie con una “cura quantistica”. Ehm.

* Nel 1973 la American Psychiatric Association ha votato a maggioranza per rimuovere l’omosessualità dal DSM (il *Diagnostic and Statistical Manual of Mental*

Disorders, la “bibbia” dei disturbi mentali), ma ne è uscita solo nel 1987. Invece l’ICD (International Classification of Diseases), la classificazione di tutte le malattie, non solo mentali, curata dall’Organizzazione Mondiale della Sanità e usata nel resto del mondo, l’ha rimossa nel 1992.



10.0 END-OF-LIFE (Eol)

Tutti i prodotti che dispongono di un manuale dell'utente hanno una durata limitata, anche se incerta. Qualcuno la chiama **obsolescenza programmata**, implicando una deliberata responsabilità da parte della casa costruttrice. Nel caso del cervello, in effetti, è programmata dalla Natura.

Le cellule della pelle vivono per circa un mese. I globuli rossi del sangue si rinnovano ogni tre mesi. Le cellule del fegato ogni diciotto. Invece, le cellule neuronali durano

per tutto l'arco della vita, al fine di conservare da anziani le memorie dell'infanzia e, quindi, poter essere se stessi un giorno dopo l'altro. Questa incredibile peculiarità fa dei neuroni i veri eroi dell'esistenza.

Solo negli ultimi anni è stato demolito il mito che ogni giorno nel cervello umano muoiano 50-80mila neuroni senza venire mai rimpiazzati. Adesso sappiamo che nella vecchiaia l'encefalo perde un certo numero di cellule nervose, ma sappiamo anche che è in grado di produrne di nuove (in particolare negli ippocampi) [▶52] nel corso di tutta la vita. Il che non vuol dire che l'autostrada dell'anzianità sia senza pedaggi da

pagare.

L'invecchiamento interessa il cervello a livello molecolare, cellulare, vascolare e strutturale. Nonostante i meccanismi siano ancora sconosciuti, la genetica, le esperienze quotidiane, ma anche le variazioni nei livelli di neurotrasmettitori e ormoni giocano un ruolo intaccando progressivamente memoria, capacità motorie e funzioni esecutive. È così, con la durata della vita che si allunga, che si arriva alla neurodegenerazione.

[▶ 200]

La perdita di sinapsi, già all'inizio dell'età adulta, contribuisce a diminuire progressivamente la densità della

corteccia. Fra i sessanta e i settant'anni, la materia grigia comincia lentamente ad assottigliarsi, soprattutto nei lobi frontali e negli ippocampi. Lo stesso dicasi della materia bianca, perché si degradano le guaine mieliniche che rivestono gli assoni. Il cervello anziano produce meno neurotrasmettitori e possiede un minor numero di recettori per riceverli. Livelli più bassi di dopamina, serotonina e acetilcolina [►29] contribuiscono alla perdita di memoria e talvolta alla depressione. Se aggiungiamo che un sistema vascolare usurato, associato a un'alta pressione sanguigna, aumenta i rischi di ictus (una roulette russa i cui esiti dipendono dall'area cerebrale colpita) si capisce

che, a confronto con l'obsolescenza del sistema nervoso centrale, le rughe non sono nulla.

Per il Buddismo, la vecchiaia è una delle quattro sofferenze dell'esistenza. Le altre sono – nell'ordine – nascita, malattia e morte. Come dire che i problemi tendono a concentrarsi nella seconda parte della vita. Esserne consapevolmente preparati (e preparati non vuol dire angosciati) può risultare davvero una buona idea.

Con un'adeguata fase di approccio e qualche strategia di buon senso, [▶217] si possono tenere alla larga gli effetti di un degrado cerebrale generalizzato. Le raccomandiamo di prepararsi, anche con largo anticipo, a fronteggiarlo.

10.1 FASE DI APPROCCIO

Invecchiare bene è spesso una fortuna, un regalo cromosomico dei progenitori. Non a caso, gli scienziati stanno cercando le chiavi della fortuna nel genoma delle popolazioni dove gli ultracentenari sono una norma, come gli abitanti dell'Ogliastra in Sardegna, del nord dell'isola di Okinawa in Giappone, o a Ikaria in Grecia.

Si spera, ad esempio, di trovare il modo di rallentare il deterioramento dei telomeri, ovvero la parte finale di ciascuna delle 23 coppie di cromosomi, caratterizzata da centinaia di ripetizioni della “parola” TTAGGG, scritta con l'alfabeto delle basi azotate. I telomeri

servono a proteggere il patrimonio genetico durante la replicazione del DNA ma, per effetto del meccanismo utilizzato, col passare del tempo perdono pezzi. Meno si danneggiano e minore è l'invecchiamento. Riuscire a proteggerli sarebbe un trionfo per la medicina e una catastrofe per i sistemi pensionistici nazionali.

Ma invecchiare bene è soprattutto un'arte. Possedere la genetica giusta non garantisce una vita lunga e sana, se lo stile di vita è pessimo. I centenari, e in generale tutti coloro che si mantengono bene, hanno una personale formula (magari inconsapevole) per la salute corporea e mentale. A metà strada fra la scienza e il semplice buon senso, le

raccomandazioni che si evincono osservando i *super-agers*, i supereroi dell'invecchiamento, potrebbero essere riassunte in cinque punti.

Movimento. Già poco dopo l'avvio, [►83] sia il cervello che il suo corpo – la *mens* e il *corpore* dei latini – hanno bisogno dell'attività fisica per svilupparsi e funzionare correttamente. [►94] Camminare molto, spostarsi in bicicletta, fare frequenti lavori di giardinaggio anche pesanti appaiono strettamente correlati con una vita lunga. Qui non stiamo parlando della palestra (che è comunque un'eccellente alternativa all'immobilità), ma della quotidiana e radicata abitudine a

muoversi.

Gli anziani abitanti dell'Ogliestra, di Okinawa e di Ikaria – definite *blue zone* da Dan Buettner, il ricercatore della National Geographic Society che studia la geografia della longevità – hanno camminato per chilometri tutti i giorni della loro vita: più che un dovere, un'abitudine. Invece i fedeli della Chiesa Avventista del Settimo Giorno, soggetti di un analogo studio in California per via della loro elevata longevità, per tradizione trascorrono ogni sabato della loro esistenza a camminare nei campi e nei boschi: più che un dovere, un piacere.

In sintesi, tenersi sempre in movimento non è una raccomandazione

per la fase di approccio alla vecchiaia, ma per l'intera esistenza. Prima si comincia, meglio è.

Nutrizione. L'appetito vien mangiando, ma vengono anche le malattie. Secondo l'OMS, nel 2014 c'erano nel mondo 1,9 miliardi di persone in sovrappeso, un terzo delle quali obese. Per dirla brutalmente, non esiste un solo *super-ager* che sia sovrappeso. Le popolazioni più longeve sono caratterizzate da una dieta largamente vegetale, povera di grassi animali, con micronutrienti, acidi grassi omega-3 e antiossidanti (come il tè verde giapponese o il Cannonau sardo, che risulta avere più polifenoli di qualsiasi altro vino).*

Studi sulle scimmie hanno dimostrato una forte correlazione fra la restrizione calorica nella dieta – che è ben diversa dalla denutrizione – e un invecchiamento ritardato. Cosicché, oltre a seguire i suggerimenti di base su una corretta alimentazione e idratazione, [▶87] nella fase di approccio all'anzianità è ideale prestare qualche attenzione in più alle sostanze introdotte nel sistema digerente, soprattutto moderando le quantità. Si dice che a Okinawa abbiano l'usanza di “riempire lo stomaco all'80%”. Calcolare percentuali con la pancia può essere complicato, ma è il perfetto esempio di un atteggiamento alimentare mirato a una sana moderazione calorica.

Senso. Il modello sociale lavoro-pensionamento, visto come il brusco passaggio dall'attività all'inattività, è un disastro. Non a caso molti si cercano altri impieghi o attività che li appassionino e che diano un senso alla loro vita quotidiana. Chi non lo fa tende a declinare fisicamente e cognitivamente con maggiore rapidità. Nelle *blue zone* vige un sistema familiare basato su un rispetto quasi sacro dell'anzianità, considerata l'età della saggezza, dove chi è vecchio ha un ruolo nella cura dei discendenti e un senso nella vita.

Per invecchiare lentamente la propria vita deve avere uno scopo, come suggerito dal concetto giapponese di *ikigai*. Letteralmente *iki* vuol dire "vita,

esistenza” e *gai* “risultato, effetto, frutto”. Può essere tradotto come “motivo di esistere”. Nella cultura nipponica, è previsto che ognuno debba cercare il proprio *ikigai*, in un misto di preferenze e di inclinazioni personali, e dargli libero sfogo nell’età post-lavorativa. Secondo Buettner, però, a Okinawa sono ancora più concreti. In quell’isola a sud dell’arcipelago giapponese, *ikigai* può essere tradotto in “per cosa mi sveglio la mattina”.

Non le possiamo fornire indicazioni sul suo *ikigai*, perché si tratta di scelte personali. Basta ricordare che, per via dei sofisticati meccanismi della neurotrasmissione, la depressione chiama altra depressione [►197] e, al

contrario, la motivazione chiama altra motivazione. [►152] Un senso alla vita che trascenda dall'occupazione (come il pensionamento) e dalle fasi dell'esistenza (come i figli che se ne vanno) è indispensabile, per la fase di approccio. Si tratta di trovare la risposta, quella per lei più sensata, alla domanda: per cosa mi sveglio la mattina? E svegliarsi di conseguenza.

Socialità. La correlazione positiva fra un invecchiamento lento e i rapporti con altri esseri umani è schiacciante. I *super-agers* hanno in comune l'esercizio fisico, l'alimentazione, la motivazione a svegliarsi la mattina, ma anche un rapporto stretto con parenti, discendenti,

amici e altri umani ancora. Un gran numero di studi psicologici dimostra chiaramente che il volontariato, l'appartenenza a un'associazione religiosa, a un gruppo culturale o artistico, la frequentazione assidua di teatri o circoli ricreativi attenuano molti dei potenziali sintomi negativi di un cervello che invecchia.

Se nelle isole della longevità l'anziano ha un trattamento e un ruolo speciale, nel resto del mondo – soprattutto in quello urbanizzato – chi è molto anziano si trasforma spesso in un problema da risolvere. Se pensiamo che la durata media della vita è destinata ad allungarsi, [▶200] far di tutto pur di invecchiare dolcemente appare quasi un

imperativo. Così, qualora lei preferisca la solitudine, ci permetta di suggerirle di smettere. Fa male alla salute, generale e cerebrale.

Conoscenza. Il quinto punto non si evince dall'osservazione delle popolazioni con un alto tasso di longevità. Tuttavia, numerosi studi confermano una correlazione inversa fra il tasso di istruzione e il declino neuronale. Quindi merita un discorso a parte.

10.2 LIFELONG LEARNING

Un curioso studio scientifico iniziato nel 1986 ha spalancato una finestra sulla malattia di Alzheimer, la più temibile patologia dell'invecchiamento. Un gruppo di ricercatori dell'Università del Minnesota ha confrontato i testi scritti decenni prima da settecento novizie delle Suore Scolastiche di Nostra Signora, un ordine religioso di diritto pontificio, con le loro cartelle cliniche da anziane. E ha trovato una stretta correlazione fra un più alto livello culturale e una minore propensione a sviluppare quella malattia.

Se l'apprendimento e la conoscenza rappresentano uno scudo protettivo

contro la demenza senile, gli Stati farebbero bene a sostenerli e a promuoverli seriamente. Adesso che l'esercito dei *baby boomers* (i nati fra il 1946 e il 1964) ha cominciato a superare la soglia dei settant'anni, l'OMS si attende che da qui al 2050 i casi di Alzheimer si moltiplichino per tre. Il costo sociale di questa attesa epidemia di demenza sarà elevatissimo. Intervenire per tempo, anche con le generazioni più giovani, potrebbe rivelarsi il più azzeccato degli investimenti.*

Il Rapporto Delors del 1996 (dal nome del celebre presidente della Commissione Europea) ha lanciato il sasso nello stagno. L'ispirato documento

raccomandava di informare il sistema educativo al principio del *lifelong learning*, l'apprendimento che non finisce mai. L'idea era quella di permettere ai cittadini di continuare a sviluppare abilità, conoscenze e attributi personali, con un sistema di istruzione capace di attraversare l'arco dell'esistenza e poggiato su "quattro pilastri": «imparare a conoscere, imparare a fare, imparare a essere, imparare a vivere insieme». Un'idea convalidata dal buon senso, dal tornaconto economico e, come sappiamo oggi, anche dalla scienza. Eppure, è rimasta un'utopia.

Le consigliamo di trasformarla in personale realtà.

Lifelong learning non vuol dire fronteggiare per tutta la vita campanelle, esami e pagelle. Vuol dire semplicemente perseguire un percorso di crescita neuronale, sinaptica e assonica, [►19] interamente volontario e interamente libero. Vuol dire sfruttare l'umana inclinazione alla curiosità, per dirigere a proprio piacimento una vigorosa plasticità cerebrale [►73] che modelli un cittadino più consapevole, un lavoratore più flessibile e un cervello più resistente all'invecchiamento.

Come recitava il titolo di un'antica trasmissione televisiva italiana dedicata all'eradicazione dell'analfabetismo: *Non è mai troppo tardi*. La scuola pubblica, ma anche la tivù pubblica,

sono riuscite da tempo a chiudere quell'imbarazzante divario sociale. E di nuovo grazie alla tecnologia, non è mai stato facile come oggi procedere al passo successivo: l'apprendimento senza fine.

Sia che lei sia una dinamica teenager o un canuto *baby boomer*, non è mai troppo tardi per cominciare a divertirsi. Perché il *lifelong learning* presuppone il divertimento. La libertà di decidere cosa imparare a conoscere, cosa imparare a fare, cosa imparare a essere, cosa imparare dagli altri. È il sistema della ricompensa [►140] che brinda (con la dopamina) al piacere di aggiungere costantemente nuovi moduli al proprio magazzino neuronale di conoscenze.

Può decidere di aggiungere il modulo “acquarello” quest’anno e cominciare con il modulo “spagnolo” l’anno prossimo. Può imparare invariabilmente a giocare a biliardo, a cucinare cinese, a suonare l’oboe, a programmare un software, a leggere il sanscrito. Tutto quel che lei desidera. E non ci sono solo le scuole di lingua e i maestri di ballo. Sul Web ci sono video per imparare a suonare l’ukulele, libri ed enciclopedie su tutto lo scibile umano, corsi universitari a tutti i livelli interamente gratuiti. Tutto questo, e molto altro, è accessibile perfino dall’apparecchio elettronico che lei ha in tasca o in borsa. I più celebri *lifelong learners* della storia – da Socrate a Leonardo –

morirebbero d'invidia.

Come ogni altro strumento, quell'oceano di informazioni digitali chiamato Internet può essere usato in maniera – diciamo così – più o meno intelligente. [▶76] Sfruttato come strumento per l'auto-formazione permanente, rappresenta una pietra miliare nella storia del pianeta Terra. Fino al primo Novecento, secoli dopo l'invenzione della stampa a caratteri mobili, i libri erano ancora una prerogativa dei nobili, dei ricchi e delle istituzioni religiose. Nel Ventunesimo secolo non c'è più uno straccio di barriera al reperimento di informazioni e quindi all'apprendimento.

È il momento perfetto per

intraprendere il cammino del *lifelong learning*. Se possibile, proprio fino alla fine.

10.3 DOPO TUTTO

Il suo cervello è biodegradabile al 100%. Tuttavia, ci dispiace comunicarle che l'intero contenuto viene cancellato già pochi secondi dopo che la macchina è arrivata a fine esercizio. Ora, siccome si tratta del più grande deposito di informazioni sulla sua esperienza a bordo di questo pianeta, perderlo per sempre potrebbe essere una disdetta.

In attesa che lo sviluppo tecnologico ci permetta di fare delle copie cerebrali di sicurezza, [▶226] le consigliamo di registrare i dettagli che ritiene più significativi al fine di tramandarli a chiunque lei espressamente desideri, tipicamente ai nipoti.

Ogni cervello ha una storia, unica e irripetibile, molto spesso segreta. A chi non piacerebbe leggere i pensieri intimi e i racconti personali del padre, della nonna, o addirittura di un lontano trisavolo?

Il racconto può essere realizzato in diversi formati – testo, audio o video – in ordine crescente di impatto emotivo sui destinatari. La soluzione video, infatti, può generare effetti indesiderati. Per questo motivo, le consigliamo vivamente il formato testo, magari simpaticamente corredato da vecchie fotografie.

Tuttavia, qualora il suo cervello abbia trascorso gli ultimi anni o decenni a “postare” incessantemente pensieri,

parole e immagini su Facebook, Twitter e Instagram, ci lasci dire: grazie, va bene così. Forse può bastare.

* Il consumo di vino rosso è correlato con la longevità, ma solo se consumato in quantità moderate.

* L'OMS stimava (nel 2014) un costo mondiale di 607 miliardi di dollari all'anno, includendo però le ore di lavoro perdute da coloro che devono assistere i malati di Alzheimer.



11.0 ESTENSIONI

Sostituire il microprocessore centrale con uno più moderno, rimpiazzare le memorie RAM e di massa con una più capiente, aggiornare il sistema operativo. Con queste poche mosse, un vecchio computer può sbocciare a nuova vita, macinando calcoli a una fluidità mai vista prima. Per il cervello non esistono in commercio espansioni o *upgrade*. Ma non si pensi che la biologia sia inferiore all'elettronica.

Il sistema nervoso centrale sa come auto-assemblarsi, connettersi, ristrutturarsi, in certi casi sa auto-

ripararsi e perfino evolversi. Insomma, ha un modo tutto suo per aggiungere strutture neuronali al proprio patrimonio cognitivo, e aggiornare così la gestione dell'intero sistema e delle applicazioni installate, nonché contribuire al buon funzionamento generale e a un'obsolescenza più lenta. Per i computer non esistono in commercio espansioni del genere.

In linea di principio, lavarsi i denti con la mano non dominante, e in generale tutto quel che consente di uscire dalla propria *comfort zone*, [▶159] crea nuove connessioni sinaptiche e perfeziona il controllo motorio e cognitivo.

Ma si può fare ben di più. Si possono allargare i confini della memoria, si possono aggiungere intere praterie neuronali imparando una nuova lingua, si può predisporre una vita più ricca attraverso la meditazione e un fondamentale senso di gratitudine per la vita stessa. Oppure, volendo barare un po', si può sempre ricorrere al doping della mente. Farmaci e supplementi alimentari vengono attualmente usati per aumentare le capacità cognitive e di attenzione, spesso alterando la normale competizione fra studenti e colleghi di lavoro. Dopotutto è comprensibile che succeda, da parte di una specie vivente forse primitiva,

ma così intelligente da saper dare un valore all'intelligenza.

11.1 ESPANDERE LA MEMORIA

È il progressivo avvento di automobili, scooter e ascensori che ha reso necessarie le moderne palestre. Se la tecnologia ha aggiunto velocità e comodità alla vita della specie umana, le ha sottratto buona parte delle attività muscolari che la accompagnavano evolutivamente da centinaia di migliaia di anni. [►94]

E che dire della memoria? È stata una risorsa fondamentale dell'evoluzione *sapiens*. Non solo per tenere a mente il necessario bagaglio pratico (quali piante mangiare, da quali

stare alla larga) e sociale (la cosiddetta tradizione orale), ma anche per accumulare la cultura e la conoscenza necessarie a creare nuove idee a partire da quelle vecchie. Per poi travasarle in altri cervelli ancora. Così, dalla storia ci arrivano le leggende del re Ciro di Persia, che conosceva per nome tutti i suoi soldati. O del sapere enciclopedico di Pico della Mirandola. Erano tempi in cui la memoria aveva enorme importanza e prestigio.

Con l'avvento dei libri, le cose sono cominciate a cambiare: non c'era bisogno di memorizzare per forza una lista di piante, formule o elementi, se si teneva il manuale accanto a sé. Ai tempi di Cicerone e dei maestri dell'antichità,

«quando la facoltà della memoria era della massima importanza, era molto più apprezzata che nel presente» scriveva il filosofo David Hume già a metà Settecento.

Che dire di tre secoli più tardi? I primi telefoni cellulari hanno reso inutile la memorizzazione dei numeri telefonici di parenti e amici. I nuovi smartphone conservano appuntamenti, indirizzi, messaggi e su richiesta sciolgono qualsiasi dubbio sul nome di battesimo di un cantante o di un politico. Con la tecnologia *bluetooth* che li connette automaticamente all'automobile, non c'è più bisogno di ricordarsi dove questa è parcheggiata. Sul mercato ci sono assistenti virtuali

casalinghi che, su richiesta vocale, rammentano le scadenze in calendario o come si chiama quella canzone che fa *du-du dudu-daa*. Secondo alcune previsioni, entro il 2020 saranno mediamente connessi in rete 6,5 apparecchi digitali per ogni essere umano (quel che viene collettivamente chiamato *Internet of Things*) inclusi termostati, telecamere, orologi o occhiali. In questo tripudio di memorie digitali che ne sarà, a metà secolo, della memoria biologica? E all'inizio del prossimo?

Il rischio è avallato dalla diffusa tendenza a sollevare le spalle: «Ho poca memoria, non posso farci nulla». Oppure, peggio ancora, dal credere che

memorizzare qualcosa tolga spazio ad altri ricordi, quando in realtà è vero il contrario. [▶69] Fatto sta che la memoria è alla base della più straordinaria funzione cerebrale che lei possieda, l'apprendimento, [▶159] al punto che usarla attivamente contribuisce al benessere psicofisico e a rallentare l'invecchiamento. [▶210]

Non è questione di cosa e quanto memorizzare: questo lo decide il suo cervello. Molto dipende dal come.

Chi è andato a scuola in Italia, in Cina, India, Giappone, Brasile o Turchia (e in pochi altri paesi del mondo) si è imbattuto più volte nella poesia da imparare a memoria. Uno sforzo lodevole per plasmare le doti

mnemoniche di un giovane e plastico cervello umano, ma anche il solo e unico approccio in età scolare a una memorizzazione meccanica e inefficiente. È inefficiente perché opera spesso al contrario di quel (poco) che oggi sappiamo sugli ingranaggi della memoria. Il testo imparato tramite la ripetizione è noioso, non aiuta a capire, non produce associazioni con altra conoscenza e col passare del tempo si degrada.

Chi vuole imparare a recitare la *Divina Commedia* o a suonare il *Clavicembalo ben temperato* a memoria, non può ricorrere alla ripetizione meccanica. Deve usare un metodo che faccia leva su

un'appassionata attenzione, una profonda comprensione dei significati (letterari o armonici che siano) e una sequenza di associazioni mentali che favoriscano il recupero neuronale della sequenza di parole o di note. Curiosamente, nella lingua inglese per indicare l'apprendimento "a memoria" si dice *by heart*, con il cuore. Per quanto scientificamente inappropriata, la locuzione suggerisce chiaramente che senza la passione – qualcosa di più della semplice attenzione – non si memorizza granché.

Sul mercato ci sono numerosi libri e corsi a pagamento che insegnano tecniche mnemoniche, più o meno efficaci. Eppure, se soltanto i cervelli

abbandonassero i diffusi pregiudizi sui confini della propria memoria, sarebbe un grande passo avanti. La memoria non è un “muscolo” da flettere con le parole crociate come dice qualcuno, [▶201] ma un intricato esercizio elettrochimico per rafforzare sinapsi e assoni. La plasticità è di tutti. Ognuno può avere la memoria che desidera avere. [▶69]

Per espandere la memoria di un computer bastano dieci minuti. Per espandere la memoria di un essere umano, occorre fare tesoro di quella vecchia e aggiungere informazioni per dieci anni (solitamente necessari per diventare maestri di qualcosa). Anche solo al fine di compensare la dememorizzazione di numeri di telefono e

indirizzi sarebbe bene che lei procedesse alla progressiva memorizzazione di qualcos'altro, a suo piacere. I testi di tutte le canzoni dei Beatles? La lista degli atomi della Tavola periodica? Le 194 capitali del mondo? Non ci sono confini.

Se n'è accorto il giornalista statunitense Joshua Foer che, dopo aver intervistato alcuni campioni mondiali di memoria per un articolo del «New York Times», ha deciso di sperimentare su se stesso i loro consigli per la memorizzazione. La storia, da lui raccontata nel libro *L'arte di ricordare tutto*, è più che a lieto fine.

Per imparare la faticosa poesia a memoria, piuttosto che la ripetizione

meccanica, è assai più efficiente usare delle associazioni, ad esempio visive o emotive. Lo mnemonista tedesco Gunther Karsten suggerisce di ancorare le parole-chiave a immagini mentali, se possibile così assurde o ridicole da aumentarne l'efficacia. Corinna Draschl, un'altra campionessa di memoria, usa invece le associazioni con stati emotivi particolari (forse perché dotata di un cervello Modello F®). [►175]

Foer racconta di aver semplicemente usato il metodo, già conosciuto nell'antica Grecia, chiamato il Palazzo della Memoria. In estrema sintesi, si tratta di scegliere un luogo grande e ben conosciuto, ad esempio la casa dei nonni in campagna, e attraversarlo con la

mente da una stanza all'altra, appoggiando virtualmente sul divano, sul tavolo o in un angolo della cucina una serie di oggetti immaginari mentalmente associati con la sequenza che si intende memorizzare. È grazie a questa tecnica millenaria che, nel 2006, Foer ha vinto lo U.S.A. Memory Championship dopo un solo anno di allenamenti, imparando a memoria in un minuto e quaranta secondi la sequenza esatta di 52 carte da gioco.

E che nessuno dica che la memoria non si può espandere.

11.2 STRATEGIE PER IL CERVELLO

La prima strategia per il cervello è seguire le raccomandazioni di base per il suo esercizio e mantenimento. Lei può essere intelligente quanto vuole, ma senza un'adeguata fornitura di alimenti e idratanti, di sonno e movimento, il suo cervello si inceppa come un motore a scoppio senza lubrificanti. [►96]

Con questa premessa, le sottoponiamo alcune strategie che possono contribuire a espandere le capacità e potenzialità cerebrali, nonché a ritardare l'invecchiamento. [►206]

Lettura. Internet rappresenta una svolta

storica per le opportunità che offre, democratiche ed egalarie, di allargare indefinitamente il pozzo della conoscenza. [►159, 210] Eppure, nei suoi mille risvolti di scambio e condivisione, rappresenta anche una potente arma di distrazione di massa, come il coltello a doppio taglio del *multitasking*. [►155]

Nel 2008, con un articolo pubblicato sul mensile «The Atlantic» col titolo *Is Google making us stupid?*, lo scrittore Nicholas Carr ha spalancato il sipario su una possibile e inquietante conseguenza. L'ipotesi che la stessa natura ipertestuale del Web possa avere effetti neuroplastici inversi, restringendo le capacità cerebrali di concentrazione e contemplazione. Come dimostrato dalla

formazione di abitudini e dipendenze, la plasticità non ha sempre delle ricadute positive. Secondo Carr, che ha rincarato la dose con il libro *The shallows: what the Internet is doing to our brains* (nella versione italiana *Internet ci rende stupidi?*), il risultato immediato di questo processo cerebrale è che la gente trova meno attraenti le lunghe e meditative letture di una volta.

Che ne dice il suo cervello? Negli ultimi anni ha per caso ridotto il numero di libri letti da cima a fondo? Si sente più attratto dalla rapidità dell'ipertesto, dei wiki, dei social network? Sta a lei valutare.

Il libro, in qualunque sua forma, di carta o di bit, contribuisce a formare

l'architettura della riflessione, del pensiero "lento". L'ipertesto in stile Wikipedia, invece, contribuisce a costruire le associazioni mentali fra un'informazione veloce e un'altra. Ma il libro porta con sé (l'eventuale) autorevolezza dell'autore e dell'editore. Invece l'*hyperlink* presuppone di saper discernere fra la diversa (e talvolta ignota) qualità delle fonti: non saperlo fare significa rischiare di essere travolti dall'onda delle *fake news*, le false notizie che hanno dato prova di saper intossicare la democrazia e la diplomazia internazionale.

La seconda strategia per espandere i confini del cervello può essere dunque articolata in tre punti: leggere, leggere,

leggere. La lettura fa bene alle sinapsi, dall'infanzia fino alla terza età.

Meditazione. Un'altra eccellente strategia per ampliare le capacità cerebrali di concentrazione e contemplazione è la meditazione *mindfulness*. Il termine, coniato in anni recenti ma derivato da una millenaria tradizione buddista, indica il processo di dirigere tutte le proprie attenzioni sul momento presente. Sentire ogni angolo del corpo, il peso dei piedi sul pavimento, il proprio respiro, i pensieri che scorrono e, giustappunto, il momento che passa.

Da una decina di anni ormai la meditazione *mindfulness* è accettata

come terapia per l'ansia o la depressione, mentre viene studiata come metodo per alleviare i sintomi di altre patologie. Viene sperimentata in scuole, palestre e caserme come strategia per aumentare i risultati educativi, sportivi e di tenuta psicofisica. Fra il 2016 e la prima metà del 2017, nel mondo sono stati pubblicati 7820 *paper* scientifici dove si parla, o si fa cenno, degli effetti sul cervello della meditazione *mindfulness*. Alcuni siti in inglese che se ne occupano ricevono milioni di visitatori. Visto che sono fioriti dappertutto corsi, scuole e metodi che la raccomandano, sta a lei selezionare i consigli più sensati (magari senza bisogno di spendere un centesimo).

Gli *scan* con la risonanza magnetica rivelano che, solo dopo otto settimane di pratica meditativa, le amigdale (i centri della paura) [▶51] si riducono, mentre si ispessisce la corteccia cerebrale. [▶58] Non a caso, è provato che la meditazione diminuisce lo stress e aumenta la capacità di attenzione.

E qui sta il punto. È ideale che la pratica sia quotidiana. Praticare la meditazione per vederne gli effetti, significa riservarle un piccolo spazio tutti i giorni, magari cominciando da pochi minuti. Ma rivolgere tutte le attenzioni sul momento presente, significa fare quello e basta. Insomma, *multitasking* e *mindfulness* non se la dicono.

Musica. C'è un legame affascinante fra il cervello e la musica. Nonostante non se ne intravedano le ragioni evolutive (non serve né a procreare né a sopravvivere), una bella canzone o un quartetto d'archi sollevano la dopamina e deprimono il cortisolo. [▶109] È vero che ascoltando una sonata di Mozart *non* si diventa più intelligenti, [▶201] ma una pletora di studi psicologici o condotti con la risonanza magnetica funzionale conferma che la musica è una strategia potentissima per l'estensione cerebrale.

Grazie ai menzionati effetti neurochimici, la musica può cambiare l'umore, rinvigorire, in qualche caso aiutare la concentrazione. I lavoratori che possono scegliere la musica da

ascoltare risultano essere più produttivi. L'ascolto della musica, di fatto una delle attività preferite dagli esseri umani, attiva un vasto network di strutture cerebrali per distinguere le altezze dei suoni e percepire la struttura ritmica e armonica della composizione. Quasi nessuno ascolta più un disco in religioso silenzio come una volta, ma ora che la musica è digitalizzata, diffusa in *streaming* e sempre disponibile, i suoi tassi di ascolto non sono mai stati così elevati nella storia dell'umanità.

Tuttavia è *facendo* la musica, che si riscontrano i massimi risultati di estensione cerebrale. È dimostrato che l'educazione musicale nell'infanzia (il giusto periodo critico) aumenta le

capacità verbali e di ragionamento, per effetto di un modellamento plastico del sistema auditivo, motorio e sensomotorio. La ricerca scientifica ha individuato differenze a livello cognitivo, strutturale e funzionale fra cervelli musicisti e cervelli non-musicisti, ma è difficile provare che dipendano *soltanto* dalla capacità di suonare uno strumento.

Cominciare da giovanissimi è l'ideale. Ma, sebbene più difficile, porta gli stessi benefici (e le stesse gioie) anche iniziare da adulti. Per non parlare di chi ha imparato la musica nell'infanzia e poi, per motivi diversi, ha appeso lo strumento al chiodo. Qualora lei appartenga a questa

categoria, le consigliamo di non gettare al vento il patrimonio cerebrale di una strategia così potente come la musica.

Lingue. Parlare più di una lingua è decisamente un vantaggio competitivo, in questo mondo globalizzato. Si dice che nel mondo i bilingue superino i monolingue. Di sicuro, oltre la metà dei cittadini europei ne parla almeno due. L'India ha stabilito per legge la lista delle sue ventitré lingue ufficiali. A Mumbai o a Kolkata, non è insolito che qualcuno parli in punjabi e in hindi con la famiglia paterna, in bengali con quella materna e in inglese con i propri figli. La scienza dice che tutto questo fa benissimo al cervello, fino al punto di

umentarne le potenzialità plastiche.

[▶73]

Il periodo critico [▶83] per imparare le lingue è la primissima infanzia. Già da piccolissimi, i bambini apprendono facilmente tre lingue insieme, come quella del padre, quella della madre e quella parlata all'asilo. Se una di queste non viene poi utilizzata, da adulti sapranno comunque distinguerne i fonemi meglio di altri. Tuttavia è stato anche dimostrato che, nei cervelli che imparano una seconda o terza lingua da adulti, i mutamenti plastici sono ancor più evidenti (non a caso è più faticoso) in aree cerebrali diverse da quelle della lingua madre. Studi scientifici hanno registrato nei cervelli bilingue migliori

capacità cognitive anche al di là della sfera linguistica ma, ovviamente, per loro è più facile anche imparare una terza, o quarta lingua. Del resto, se così non fosse sarebbe impossibile diventare poliglotti come Emanuele Marini, un impiegato della provincia di Milano che ne parla fluentemente sedici.

Chi ha la fortuna di nascere bilingue, se la tenga stretta. Chi ha la fortuna di essere molto molto giovane, guardi i cartoni animati in lingua originale. Chi ha la fortuna di essere più cresciuto e saggio, prenda in seria considerazione la strategia di espandere, grazie a un'altra lingua, i propri confini cerebrali.

Gratitudine. La fortuna, giustappunto.

La vita è una fortuna e tutto sembra indicare che il solo pensarla sia una strategia cerebrale di successo. La scoperta è stata verificata da più test. In uno di questi, è stato chiesto a un gruppo di giovani adulti di tenere un diario quotidiano delle cose per le quali provano riconoscenza, una specie di riflessione sui lati positivi della propria vita. Ad altri è stato chiesto di tenere un diario delle cose che non vanno e, a un gruppo di controllo, un normale diario quotidiano. Come risultato, già dopo poche settimane, nel primo gruppo si sono registrati più alti livelli di attenzione, maggiore entusiasmo ed energia. La gratitudine fa bene alla salute ed è arcinoto che, se applicata

assiduamente, fa benissimo anche ai rapporti umani.

«*Gracias a la vida* – recita l’omonima canzone, immortalata dalla cantante argentina Mercedes Sosa – *que me ha dado tanto*». Se la psicologia “positiva” può sembrare a qualcuno strana o improbabile, è dimostrato che funziona. [▶123] L’esperimento della gratitudine è stato replicato in più versioni, anche chiedendo ai soggetti dell’esperimento di tenere il diario una sola volta la settimana, ma alla fine con risultati analoghi e perdipiù confermati dalla risonanza magnetica funzionale. [▶226] Gli effetti benefici dell’apprezzamento per la vita – che a ben vedere è l’esatto opposto della

ruminazione o della lamentela – risultano essere duraturi nel tempo e auto-rinforzanti: così come rimuginare troppo produce esiti depressivi a catena, ringraziare è un circolo virtuoso di alleggerimento. Non si tratta di bendarsi gli occhi davanti ai problemi, ma di osservarli nella giusta prospettiva.

Non è difficile provarci. Basterebbe sentirsi grati per la bellezza del mondo e per la fortuna di avere un cervello capace di osservarla.

11.3 MOLECOLE PER IL CERVELLO

L'NBT-48 è un farmaco incredibile che viene usato per il potenziamento cerebrale. Non a caso ha moltiplicato per dieci volte l'investimento iniziale dei suoi inventori. Per l'esattezza, ha fatto incassare 236 milioni di dollari a *Limitless*, il film con Bradley Cooper e Robert De Niro (costato 27 milioni) dove uno scrittore scapestrato diventa un genio semplicemente inghiottendo una pillola nootropica. Dal successo al botteghino si può dedurre che il sogno di diventare molto più che intelligenti solletichi le più segrete aspirazioni

degli spettatori di tutto il mondo.

I **nootropi** sono farmaci che incrementano le capacità cognitive di un cervello umano. Nessuno di loro ha nemmeno lontanamente la potenza di quel farmaco hollywoodiano, eppure sono già diventati un fenomeno commerciale e culturale. Culturale perché sono largamente deglutiti dagli studenti delle più celebri università americane e dai dipendenti delle più celebri aziende della Silicon Valley. Quanto al successo commerciale è facile desumerlo dall'ampia offerta di *nootropics* in vendita sulla Rete.

Ovviamente, c'è molecola e molecola. I farmaci più potenti sono quelli che richiedono una prescrizione

medica e che, riportano le cronache, vengono reperiti più o meno illegalmente per ottenere un vantaggio competitivo e dubbiamente etico nella competizione aziendale o universitaria. Il metilfenidato cloridrato, commercializzato come Ritalin, viene somministrato per i disturbi dell'attenzione come l'ADHD [▶155] e quindi in particolare ai bambini, come avviene in America su larga scala (in Italia è ammesso, in Finlandia no).

Per gli usi *off-label* – fuori dalle indicazioni della casa farmaceutica – il Ritalin migliora l'attenzione e la concentrazione, aumenta l'energia e potenzia le prestazioni cerebrali in operazioni difficili o ripetitive.

L'Adderall, invece, ugualmente prescritto per ADHD e narcolessia, si dice che venga usato, oltre che sui posti di lavoro, anche negli spogliatoi dello sport professionale e nelle camere da letto. Aggiunge forza, sprint e un tocco di euforia, che non fanno mai male.

E invece può fare male. Oltre ai possibili effetti collaterali, se usate a lungo e ad alte dosi, queste molecole sviluppano facilmente una forte dipendenza, fisica e psicologica. In particolare l'Adderall, che non è venduto in Italia ed è classificato al pari dell'anfetamina in quasi tutto il mondo. Ma non sono i soli farmaci nootropici sul mercato. C'è il modafinil (conosciuto come Provigil) con

indicazioni *off-label* che vanno dalla depressione all'astinenza da cocaina. Ci sono due classi di molecole prescritte ai malati di Alzheimer, sospettate di potenziare le facoltà cognitive di un cervello sano. Senza dimenticare la categoria dei racetam, come il piracetam, venduto in Europa (sotto il nome di Lucetam o Nootropil) ma vietato in America, che è farmacologicamente indicato per tutt'altro ma ugualmente usato per il potenziamento neuronale.

Esiste anche tutta un'altra categoria di prodotti nootropici, classificati come supplementi alimentari che non richiedono una prescrizione medica e che stanno allagando il mercato. In gergo

li chiamano *stack*, che potremmo tradurre come catasta, pila. Infatti, in una pillola accatastano le più svariate molecole, naturali o derivate da quelle naturali, per creare una miscela ideale capace di migliorare i processi cognitivi. A giugno 2017, cercando “nootropics” sul sito italiano di Amazon si trovano una quindicina di prodotti, ma su quello americano quasi 700. È vero che le recensioni aiutano, ma scegliere fra Mind Matrix, Neurofit, OptiMind e altre centinaia di pillole in boccetta, sembra un’impresa monumentale. Fra l’altro, si dice che gli amanti degli *stack* siano soliti mescolarli al fine di trovare lo *stack* di *stack* ideale e personalizzato. Ovviamente, il contributo di queste

pillole al funzionamento cerebrale non è drammatico come nelle pillole al cinema. L'effetto è leggermente percettibile, anche se chi le usa assicura che i risultati si consolidano con il tempo. Nulla a che vedere con l'intelligenza istantanea dell'NZT-48, insomma.

Questo non vuol dire che l'industria farmaceutica, capace di investire centinaia di milioni di dollari nella ricerca di una sola molecola, non stia già sperando di sviluppare prodotti nootropici un po' più vicini al sogno collettivo di *Limitless*, ma senza dipendenze o spiacevoli effetti collaterali. Sarebbe la *smart drug* perfetta, capace di fatturare cifre

impensabili. Basti ricordare che le due sostanze nootropiche più blande e più usate al mondo – caffeina e nicotina – muovono da sole centinaia di miliardi di dollari all'anno.

È solo questione di attendere che il futuro si faccia presente.



12.0 VERSIONI FUTURE

Questo manuale, come tutti i manuali del mondo, non intende rivelare segreti o indiscrezioni sulle versioni che usciranno nel futuro.

Beh, veramente, a essere sinceri gli sarebbe piaciuto. Ma il problema è che non c'è cosa più improbabile che riuscire ad azzeccare il futuro: un manuale sull'intelligenza non è così cretino da provarci.

Cosicché, in barba a tutti i manuali del mondo, si permette di fare qualche riflessione su come

potrebbe evolversi l'intelligenza nelle versioni di sistema a venire. Riflessione non vuol dire previsione.

Sin qui, il cervello ha avuto bisogno di centinaia di milioni di anni per passare dagli antenati dei rettili ai pronipoti di Leonardo da Vinci: a una simile velocità, nei prossimi cento o duecento anni non ci sarebbe da attendersi granché. Tuttavia, grazie ai progressi della neuroscienza, della genetica, ma anche della micro e nanoelettronica, la prospettiva di macchine capaci di aumentare le potenzialità cerebrali, di tecnologie genetiche che prevengano la neurodegenerazione e di macchine che replichino e superino i livelli medi

dell'intelligenza umana, sembra più che probabile. È praticamente inevitabile.

«Non esiste legge fisica – hanno scritto in un appello pubblico quattro autorevoli scienziati, fra i quali il celebre Stephen Hawking – che precluda alle particelle di venir organizzate in modo da effettuare calcoli ben più avanzati dell'organizzazione delle particelle nei cervelli umani». Sono parole erudite che, in sintesi, intendono lanciare un allarme: c'è il rischio di creare un giorno un'intelligenza talmente superiore a quella umana, da rendere inutile la stessa umanità.

Ma è un rischio che appartiene al futuro prossimo, o a un indistinto futuro remoto?

12.1 NEUROTECNOLOGIE

PASSATO REMOTO. Lasciamo perdere i metodi più rudimentali anticamente usati per studiare il cervello: dall'applicazione di elettrodi, come scoperto da Luigi Galvani nel Settecento, alle soluzioni con trapano e seghetto. Questa storia può cominciare dal 1924, quando il primo cervello umano viene sottoposto a un **elettroencefalogramma**: finalmente una tecnologia non invasiva per farsi un'idea di cosa succede là dentro. È così che – tramite una rete di elettrodi applicata sullo scalpo – vengono scoperte ad esempio le oscillazioni neuronali, meglio note come onde cerebrali. [►20]

Quasi un secolo più tardi, una versione enormemente più raffinata di quel primordiale registratore di impulsi neuroelettrici viene usata ancora, tanto dalla medicina quanto dalla ricerca.

PASSATO PROSSIMO. Il vero salto di qualità comincia negli anni settanta, con un'autentica messe di invenzioni e scoperte neurotecnologiche. Compare la **tomografia assiale computerizzata (TAC)**, che usa i raggi X per produrre un'immagine di tanti strati anatomici da elaborare tridimensionalmente con un algoritmo che, nelle prime versioni, impiegava tre ore. Fa capolino l'*imaging* a **risonanza magnetica (MRI)**, che sfrutta campi magnetici e

onde radio per rappresentare immagini anatomiche interne. La **tomografia a emissione di positroni** (PET), già concepita due decenni addietro diventa realtà: tramite un mezzo di contrasto si possono osservare numerose funzioni fisiologiche, non solo cerebrali. Con la **magnetoencefalografia** (MEG) si è potuto cominciare a disegnare una mappa cerebrale, grazie a magneti talmente sensibili da intercettare la flebile attività neuronale. Insomma, un autentico arsenale tecnologico – ancorché inizialmente molto primitivo – per scandagliare le profondità invisibili del sistema nervoso centrale senza usare il seghetto, il trapano o, quando andava bene, l'elettrodo.

PRESENTE. L'evoluzione dell'hardware concepito decenni addietro ha innescato nel nuovo secolo un'autentica rivoluzione della neuro-conoscenza, che produce abbondanti frutti ancora oggi. Tutte queste tecnologie sono state continuamente perfezionate, nonché potenziate grazie alla moltiplicata capacità di calcolo dei microprocessori. La TAC non è più assiale, la PET è diventata anche SPECT (tomografia a emissione di fotone singolo) e i magneti MEG hanno raggiunto livelli di sensibilità impensabili.

Ma la vera star della scena neuroscientifica mondiale è diventata la risonanza magnetica, da quando ha aggiunto l'etichetta di «funzionale». La

risonanza magnetica funzionale (fMRI) è in grado di rivelare in tempo reale e a livello tridimensionale le aree del cervello più attive: siccome richiedono più ossigeno, il trucco sta nel tracciare il movimento del sangue che lo trasporta. Gran parte delle scoperte elencate in questo manuale derivano da questa tecnologia, anche se non sempre da sola.

Ogni tecnologia di *neuroimaging* ha pregi e difetti, ma spesso si può riparare ai difetti combinandole fra loro. Nel registrare l'andamento dell'attività cerebrale nel tempo, la MEG offre una precisione di 10 millisecondi, mentre l'fMRI ha una risoluzione di qualche centinaio di millisecondi: ecco perché, a

seconda delle circostanze, vengono usate insieme o magari in combinazione con altre. Se in prospettiva sono ancora primitive, i loro campi di applicazione sono già fantascientifici. Tanto per fare un esempio, l'fMRI è già stata usata in alcune indagini giudiziarie per determinare il grado di consapevolezza (e quindi di colpevolezza) di criminali violenti.

FUTURO. Partendo da zero meno di un secolo fa, le neurotecnologie hanno fatto passi da gigante. Quel che tutti si attendono è che, nel futuro, riescano a potenziare il cervello stesso.

Se per caso le venissero in mente delle tecnologie assolutamente

futuristiche, come i microchip da interfacciare al cervello, o magari una stimolazione cranica che ne aumenta le capacità cognitive, siamo lieti di informarla che esistono già. Gli **impianti neuronali** che interfacciano cervello e computer consentono a persone con forme gravi di epilessia di inibire l'attività cerebrale in determinate aree e, adesso, anche a persone paraplegiche di muovere arti artificiali con il pensiero. La **stimolazione magnetica transcraniale profonda** (TMS), capace di modulare l'eccitabilità dei neuroni senza metodi invasivi, è già usata per la ricerca e nei casi gravi di depressione e neurodegenerazione.*

Al giorno d'oggi, per attivare un

impianto neuronale occorre aprire *fisicamente* una porta sul cervello. Con una simile procedura, è improbabile che venga usato da qualcuno che non sia affetto da epilessia, amnesia o paralisi. Ma le esperienze passate – dall’MRI ai telefoni cellulari – suggeriscono che nell’arco di soli trent’anni i progressi tecnici e tecnologici possono essere letteralmente impensabili. Sappiamo anche che la tecnologia segue più o meno sempre le stesse fasi evolutive.

All’inizio, gli esperimenti sull’interfaccia computer-cervello saranno rudimentali, con qualche serio problema e qualche altra controindicazione. Poi pian piano cominceranno a migliorare, fino a

raggiungere la soglia della commercializzazione su larga scala. Dopodiché, nel giro di due o tre versioni, la bioelettronica sarà abbastanza evoluta da curare numerosi disturbi. E magari capace di migliorare a comando la memoria, la concentrazione e perfino l'umore.

Per raggiungere questo livello tecnologico, la strada può apparire lunghissima. Se in appena un secolo la ricerca si è dotata di un arsenale di strumenti straordinari, è ben lontana dal conoscere le strutture, le connessioni e le funzioni di un solo cervello. Basti pensare al genoma umano, che è stato messo in sequenza più di quindici anni fa: buona parte dei geni che contiene è

stata individuata, ma il modo integrato nel quale funzionano resta ancora largamente un mistero. Senza dimenticare che un genoma contiene le informazioni genetiche di un singolo essere umano e che le differenze fra genomi sono ancora in gran parte da capire. Adesso l'idea è quella di decifrare il **connettoma**, ovvero disegnare una mappa precisa delle connessioni cerebrali. La questione è così strategica che l'America ha lanciato la Brain Initiative e l'Unione Europea lo Human Brain Project, due programmi di ricerca decennali – multidisciplinari e iper-finanziati – per arrivare a produrre una specie di atlante del cervello in dieci anni. Più o meno segretamente,

tutti già sanno che, arrivati a quel punto, il cervello sarà ancora un enigma.

Lasciamo perdere il futuro remoto, quello in cui i pronipoti degli attuali utenti riusciranno a fare il *download* del loro cervello e quindi – come immaginava la fantascienza e come fantastica oggi la scienza – potranno vivere per sempre dentro a un computer, ben più sofisticato degli attuali (ma rischiosamente attaccato a una spina). A quel punto, forse si potranno anche scongelare i cervelli di quegli ex-miliardari ed ex-ottimisti che, già dagli anni novanta, si sono fatti ibernare sperando che un giorno la tecnologia diventi così avanzata da riportarli in vita, magari più intelligenti e baldanzosi

di prima. Tutto può essere, ma sono cose davvero troppo lontane nel tempo.

Invece, può essere questione di trent'anni, o magari di sessanta, ma il drappello di istituzioni impegnate a decifrare ogni dettaglio del cervello umano e della sua straordinaria complessità (fra le quali è bene ricordare il Darpa, il braccio scientifico del Pentagono) aprirà inevitabilmente la strada a nuove e potenti neurotecnologie, anche pericolosamente al di là dei confini etici. Dal basso della limitata conoscenza che abbiamo oggi, sembra un'impresa impossibile, è vero. Però, quella stessa conoscenza è abbastanza elevata da dirci che, in linea teorica, non c'è nulla che impedisca a questa

evoluzione artificiale dell'intelligenza
di trasformarsi in realtà.

Sarebbe davvero un enorme, storico
upgrade (4.3.8) della versione di
sistema. [▶18]

12.2 CGM (Cervello Geneticamente Modificato)

Sono millenni, che l'*Homo sapiens* mette le mani sulla genetica di piante e animali. Il minuscolo e stentoreo teosinte, una graminacea prodotta dalla selezione naturale, si è trasformato nella massiccia e calorica pannocchia di mais grazie alla selezione artificiale effettuata da generazioni di agricoltori. Il Chihuahua, il più piccolo dei cani da compagnia, deriva dalla selezione artificiale operata da generazioni di allevatori a partire da un ben diverso prodotto della selezione naturale: il

lupo.

Sono decenni, che l'*Homo sapiens* mette le mani sulla genetica di piante e animali, sempre più in profondità. Nel 1953 è stato scoperto che tutta la vita si riproduce usando lo stesso alfabeto di basi azotate ATCG (adenina e timina, citosina e guanina), diversamente arrangiate in una molecola di acido deossiribonucleico, meglio noto come DNA. Nel 1994 è arrivato nei supermercati americani il primo pomodoro geneticamente modificato, che si conserva più a lungo. Nel 1996 è stato clonato il primo mammifero, la pecora Dolly. Nel 2001 è stata completata la prima decodifica del genoma di un essere umano, fatto di

3.088.286.401 coppie di basi azotate. Se per quell'impresa erano stati necessari oltre 3 miliardi di dollari di investimenti, nel 2017 è una pratica consolidata che ne costa poche migliaia.

Cosa possa accadere nel giro di un altro secolo o due, è veramente impensabile. Può succedere di tutto. Si va dagli scenari distopici già descritti dalla letteratura, al futuro ben più roseo immaginato dal **transumanismo**, un movimento internazionale che propugna metodi e tecnologie per espandere indefinitamente la durata della vita e le potenzialità cerebrali della specie umana, fino al punto in cui si meriterà l'appellativo di *post-umana*. In entrambi i casi, forse non c'è bisogno di

rimarcarlo, ci sono monumentali ostacoli etici da superare. Si tratta di una delle più formidabili sfide che attendono la specie (ancora) umana nel futuro. Perché c'è una specie di regola, sottostante alla tipica curiosità *sapiens*: se qualcosa si può fare, qualcuno la farà.

Basti pensare all'**optogenetica**, una delle più straordinarie neurotecnologie apparse negli ultimi anni. È perfino incredibile, che qualcuno si sia messo in testa di realizzare il suggerimento avanzato da Francis Crick: per controllare i singoli neuroni «il segnale ideale è la luce», ha scritto nel 1999 il co-scopritore del DNA. Col magnetismo e l'elettricità, la scienza aveva già trovato il modo di influire su intere aree

del cervello, ma non sui singoli neuroni. L'optogenetica ci è riuscita.

Il processo comincia con l'isolare, perlopiù da alghe e batteri, i geni che esprimono diversi tipi di opsine, [▶105] proteine sensibili alla luce. Dopodiché, questi geni vengono inseriti nel DNA di topi di laboratorio, in modo che diverse opsine rispondano a diversi neuroni. Poi il cervello delle cavie viene collegato a fibre ottiche che trasportano la luce in varie frequenze. *Et voilà*, semplicemente modulando la frequenza della luce (blu, rossa o gialla) si possono inibire o eccitare i singoli neuroni, controllando il comportamento dei topini come se fossero telecomandati. L'optogenetica, che serve a capire la funzionalità dei

singoli neuroni, è così rivoluzionaria e promettente che, sebbene appena nata, è già utilizzata in centinaia di laboratori in tutto il mondo.

Ma nel frattempo è spuntata un'altra tecnologia ancor più potente e rivoluzionaria che, secondo alcuni, è destinata a cambiare non la ricerca scientifica, ma il mondo come lo conosciamo. Si chiama **CRISPR-cas9** (e si pronuncia *crisper*). Per dirla in poche parole, serve a fare il taglia-e-incolla del DNA con una facilità, una rapidità e un costo così basso che solo dieci anni fa sarebbero parsi una barzelletta.

Batteri e virus combattono la loro quotidiana battaglia per la

sopravvivenza da molto, molto più tempo che non i leoni e le gazzelle. Così, alcuni batteri hanno sviluppato un complesso sistema per “rubare” parti del DNA dei virus che li attaccano, in modo da riconoscerli e difendersi alla prossima occasione. Usando esattamente lo stesso sistema, gli scienziati impiegano degli enzimi che si legano al DNA, lo tagliano in un preciso punto del cromosoma, dove un gene viene sostituito con un altro, e il taglio viene ricucito.

Il bello è che funziona a meraviglia.

Il brutto è che questa tecnologia è talmente facile e poco costosa che può essere impiegata per fini dubbiamente etici o certamente pericolosi. Nel 2015

un team di scienziati cinesi dell'Università Sun Yat-sen ha condotto esperimenti CRISPR-cas9 su embrioni umani, salvo poi abbandonarli. Quella che era considerata la linea etica da non superare è già stata attraversata. L'anno seguente, James Clapper, il direttore dell'*intelligence* nazionale americana, ha incluso il CRISPR-cas9 nella lista dei sei maggiori rischi planetari, insieme alla Corea del Nord e ai missili russi. Il motivo? Il taglia-e-incolla dei geni può servire anche a fabbricare armi biologiche devastanti.

Spingendosi un po' più avanti nel futuro, la grande promessa della modificazione genetica è l'eradicazione delle malattie genetiche. Per adesso, la

manipolazione del genoma umano è vista come una cosa esecrabile e, perdipiù, il team cinese che ha usato il CRISPR-cas9 sugli embrioni si è imbattuto in molti più effetti indesiderati del previsto. Ma sarà lo stesso fra venti o quarant'anni? Oggi le funzioni e le interrelazioni dei geni sono ancora largamente ignote, ma quando saranno più chiare la società accetterà di usarle, pur di curare per sempre la fibrosi cistica o la malattia di Huntington? O adotterà la scelta, ancor meno etica, di far soffrire chi ne è affetto?

Lungo questa strada, si arriva ben presto alle aberrazioni della cosiddetta cosmetica genetica: i genitori che scelgono da un catalogo l'esatto colore

di occhi da dare al nascituro. Se qualcosa si può fare, qualcuno lo farà. Ma l'altra possibilità, non proprio cosmetica, è che si arrivi poi a mettere le mani sui geni dell'intelligenza. Basta che qualcuno scopra come fare, e le cliniche private per potenziare le capacità cognitive dei figli spunteranno come funghi. Come sempre, sarà il mercato a decidere. Resisteranno i genitori più ricchi alla tentazione di determinare in anticipo che la propria figlia sarà un drago in matematica e una furia al pianoforte? Oppure le cliniche genetiche falliranno per mancanza di clienti? Trovi lei la sua risposta.

Sono millenni, che l'*Homo sapiens* mette le mani sulla genetica di piante e

animali, ma è soltanto all'inizio. A un certo punto, modificare geneticamente l'intelligenza sarà una tentazione insopprimibile.

Oggi possiamo pensarne quel che vogliamo. Sarà comunque una scelta che spetta alle generazioni a venire. Dal punto di vista della storia evolutiva del genere umano, si tratterebbe di un altro storico *upgrade* (4.3.9) della versione di sistema. [►18]

12.3 INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Gli esami, si sa, non finiscono mai. Ma non si faccia troppi problemi per il Test di Turing. Se mai dovesse affrontarlo, lei lo passerebbe in scioltezza senza nemmeno prepararsi. E batterebbe tutti i calcolatori, incluso il Sunway TaihuLight che, a metà 2017, è il più potente supercomputer al mondo (93 milioni di miliardi di operazioni al secondo).

Il test ideato da Alan Turing nel 1950 serve a valutare l'intelligenza di un computer e, sin qui, nessun computer l'ha mai superato. L'idea dello

scienziato inglese, la cui vita mirabolante e il tragico epilogo sono raccontati nel film *The Imitation Game*, è molto semplice. Per essere considerato intelligente e “pensante”, un calcolatore deve riuscire a far credere a un essere umano di essere umano.

Sebbene fantasticato anche nell'antichità, il termine “intelligenza artificiale” ha una data e un luogo di nascita: estate 1956, Dartmouth College, New Hampshire. Un piccolo manipolo di *computer scientist* si riunisce per sei settimane al fine di gettare le basi teoriche per le macchine pensanti del futuro, battezzando la disciplina *artificial intelligence*, o AI. Dieci anni più tardi, la loro ricerca è

grandiosamente finanziata dal governo e dal Dipartimento della Difesa in particolare, incoraggiando gli scienziati a qualche eccessiva professione di fede. «Nel giro di una generazione – disse Marvin Minsky, uno dei protagonisti della conferenza di Dartmouth – il problema della creazione dell'intelligenza artificiale sarà fondamentalmente risolto».

Non è andata così. Per decenni la AI ha avuto una sorte altalenante. Il primo successo di pubblico arriva nel 1996, quando il computer Deep Blue di IBM batte di misura il campione mondiale di scacchi Garry Kasparov. Nel 2011 un altro computer di IBM, Watson, batte due campioni storici di Jeopardy!, un

gioco a quiz americano linguisticamente molto difficile. Ma nessuna delle due macchine, basate su una furibonda capacità di calcolo e gigantesche basi di dati collegate, ha veramente passato il Test di Turing.

Tuttavia, quasi all'improvviso l'intelligenza artificiale ha cominciato a entrare per davvero nella vita quotidiana della gente. La novità è che le macchine stanno imparando a imparare. Lo chiamano *machine learning*, l'apprendimento automatizzato. Se Watson seguiva un'intricata serie di istruzioni, ma senza riuscire a modificarle, AlphaGo è in grado di farlo. AlphaGo è un software scritto da DeepMind, società londinese fondata da

Demis Hassabis è comprata da Google nel 2014, che ha battuto il campione mondiale di Go, considerato il gioco più complesso al mondo (le combinazioni possibili sono 2×10^{170} : molte, molte di più del numero degli atomi dell'universo). Dopo l'inserimento di istruzioni e dati ad opera umana, AlphaGo ha imparato, grazie a un *deep neural network*, una branca del *machine learning* basata su una serie di algoritmi che operano calcoli su più livelli, come per simulare gli strati gerarchici della corteccia cerebrale. Ma il bello è che AlphaGo si è auto-costruito le proprie abilità – come fanno gli esseri umani – giocando 30 milioni di partite con se stesso e imparando dai

propri errori.

Machine learning e *neural network* sono anche alla base di Siri, Cortana, Alexa, Ok Google e compagni, ovvero gli assistenti personali a comando vocale montati su tutti gli smartphone e adesso anche in appositi strumenti per l'automazione domestica. Il fatto rilevante è che imparano dalle richieste degli utenti e di conseguenza migliorano col tempo.

L'intelligenza artificiale ha ormai un posto assicurato nelle automobili grazie all'israeliana MobilEye (fondata dallo scienziato Amnon Shashua e comprata da Intel per 15,3 miliardi) che per prima ha sviluppato un sistema di visione intelligente per abilitare la sicurezza

automatica. L'auto senza conducente, sulla quale stanno lavorando tutti i colossi automobilistici più Tesla, Google, Apple, Uber e molti altri ancora, potrebbe diventare realtà in pochi anni. L'idea è quella di cedere letteralmente il volante all'intelligenza artificiale.

Ma l'intelligenza artificiale è già dilagata nelle fabbriche, dove nuovi tipi di robot collaborano con operatori umani e imparano da loro le più svariate mansioni. Esistono già algoritmi basati sul *machine learning* che sono in grado di scrivere alcuni documenti legali senza bisogno di un avvocato, un articolo giornalistico di sport o finanza senza bisogno del giornalista, o un

arrangiamento musicale senza bisogno del compositore. «Le professioni che meno facilmente saranno rimpiazzate dalle macchine – commenta Tomaso Poggio, professore dell' MIT che ha avuto Demis Hassabis e Amnon Shashua fra i suoi studenti *postdoc* – saranno quelle più semplici ma creative (l'idraulico, il tuttofare) e quelle più complesse (lo scienziato, il programmatore). Tutte le altre potranno essere in buona parte sostituite». Nonostante certi uomini politici attribuiscono la disoccupazione interna alle storture del mercato globale piuttosto che alla dilagante automazione in corso, i veri statisti (quelli che si preoccupano del futuro, oltre che del

presente) devono prepararsi per tempo all'impatto dell'intelligenza artificiale sulla società. È già cominciato.

Il *deep learning* è diventato possibile grazie alla convergenza di tre fattori: l'aumento costante nella capacità di calcolo dei microprocessori; lo sviluppo di nuove tecniche e nuovi algoritmi più sofisticati; la disponibilità di grandi basi di dati per allenare, come nel caso di AlphaGo, i muscoli dell'intelligenza artificiale. Di questi tre fattori, solo il primo potrebbe non essere inarrestabile. La Legge di Moore («la potenza di calcolo raddoppia ogni due anni») sta per superare i suoi limiti fisici nei chip di silicio, al punto che negli ultimi tre anni l'intelligenza

artificiale ha fatto affidamento sulle GPU, i microprocessori per la grafica, che operano in parallelo e sono più efficienti. Per consentire alla Legge di Moore di sopravvivere, c'è bisogno di altro. Ad esempio di **chip neuromorfici**, che simulano il cervello.

È una vecchia idea, ma probabilmente vicina alla maturazione. I processori tradizionali operano i calcoli al ritmo di un *clock*, come un metronomo che dà loro il tempo. Nel processore che simula il cervello, invece, oltre a comunicare in parallelo senza costrizioni di ritmo, ogni “neurone” artificiale è in grado di ricevere l'informazione e decidere se trasmetterla al neurone successivo.

Proprio come i neuroni veri. Non a caso un chip neuromorfico, esattamente come il cervello, consuma pochissima energia: un prototipo costruito dalla solita IBM contiene il quintuplo dei transistor di un processore Intel, ma consuma 70 milliwatt/ora, duemila volte di meno.

Gli altri due fattori dietro al boom di *machine learning* – algoritmi sempre più sofisticati e grandi basi di dati – non hanno invece ostacoli alla crescita. Ma una cosa deve essere chiara: stiamo parlando di una tecnologia ancora primitiva. I *neural network* riescono a scovare complesse correlazioni statistiche in autentiche selve di dati, ma non molto più di

questo.

Il cammino dell'intelligenza artificiale – che passerà inevitabilmente da nuove soluzioni, ma anche attraverso nuovi ostacoli e nuovi successi – promette di diventare un'onda inarrestabile di progresso tecnologico. Anche in questo caso, c'è chi lo santifica e chi ci intravede il demonio. La **Singularità tecnologica** è definita come il radicale cambiamento della società umana, nell'esatto momento in cui una superintelligenza artificiale innescherà l'inizio di una crescita tecnologica mai vista prima nella storia, col suo carico di incertezze e di opportunità. Ray Kurzweil, capo tecnologo di Google e autore del libro

Come creare una mente, è uno dei suoi più ardenti sostenitori. Al contrario, celebri imprenditori come Bill Gates e Elon Musk, insieme a Stephen Hawking e altri autorevoli scienziati, aderiscono al Future of Life Institute di Boston che è impegnato a lanciare l'opposto avvertimento: l'intelligenza artificiale è un «rischio esistenziale». Può mettere a rischio la specie umana.

Come nel caso degli altri dubbi sull'evoluzione artificiale e la genetica dell'intelligenza, non spetta a un povero manuale esprimere giudizi filosofici che richiedono invece libri e volumi ben più robusti e autorevoli. Tuttavia, si permette di sollevare una domanda. Ancor prima della tecnologia, non

dovrebbe impensierire quel che gli uomini possono farci, con la tecnologia? I soldati bionici o robotizzati non sono una fantasia: i laboratori militari delle superpotenze sono al lavoro da anni. La possibilità di usare il CRISPR-cas9 per disegnare terribili armi biologiche non è uscita dai libri di fantascienza, ma dalla bocca del capo dei Servizi americani. Infine, l'eventualità che pazzi, criminali o terroristi lancino una cyberguerra su larga scala – oggi che comunicazioni, linee aeree, acquedotti e ospedali sono connessi in Rete – è purtroppo più concreta di quanto si pensi. Aggiungiamo le armi nucleari e il cambiamento climatico, e si vede che il problema dell'intelligenza artificiale è

in buona compagnia.

In compenso, di fronte a queste sfide, il mondo potrebbe davvero aver bisogno di più intelligenza.

Negli ultimi decenni, grazie alle comunicazioni digitali, i cervelli umani si sono messi in collegamento come non era mai successo prima nella storia, facendo sorgere una specie di intelligenza planetaria che, proprio in un ambito sovranazionale come quello scientifico, sta dando enormi risultati. Eppure, nella crescente complessità di un mondo dove ormai scorrazzano quasi 8 miliardi di cervelli, di qualche dose in più di intelligenza potrebbe davvero esserci bisogno. Chissà.

Inutile porsi la domanda.

L'intelligenza artificiale – auspichiamo con le dovute precauzioni – verrà perseguita in ogni caso, ad opera di un'intelligenza naturale che si è evoluta dai primitivi cervelli di mezzo miliardo di anni fa.

Sarà la versione di sistema 5.0.

* Esiste anche la Stimolazione transcraniale con corrente diretta (tDCS) che irrori particolari aree del cervello con una debole corrente. Sono già in vendita su Internet strumenti del genere da applicare sullo scalpo, che promettono di migliorare l'efficienza del cervello. Gli effetti e le conseguenze sono ancora da provare e comunque non si tratta di una soluzione "non invasiva".

APPENDICE

GARANZIA

Il prodotto non è minimamente coperto da alcuna garanzia, neanche parziale, né nazionale, né internazionale.

ATTENZIONE



Prima di usare questo prodotto, lei si assume tutti i rischi e le responsabilità associate con il suo utilizzo.

Fuorché dove esplicitamente proibito dalla normativa vigente, lei ha la libertà di trasportare e utilizzare il prodotto dovunque desidera, rispettando però i limiti termici (36-37 gradi corporei), di altitudine (5000 metri) e di pressione. Uscendo dai limiti operativi non ci sono effetti sostanziali sulla non-garanzia, ma dobbiamo avvisarla che quelli sul sistema nervoso centrale potrebbero essere fatali.

Qualora lei valuti che il prodotto abbia dei malfunzionamenti, si rivolga esclusivamente ai centri di assistenza specializzati elencati nel sito www.salute.gov.it.

Esistono sul mercato polizze assicurative sulla vita del prodotto, ma le suggeriamo di prestare attenzione alle clausole contrattuali: non è prevista una sostituzione, ma solo un

parziale rimborso economico. Peraltro,
destinato in beneficenza.

RISOLUZIONE DEGLI INCONVENIENTI (troubleshooting)

Il cervello non si accende	Controlli meglio. Se legge queste parole vuol dire che è acceso. Poi si faccia un bel caffè
Non si riavvia	Il tasto di reset è disabilitato in questa versione. Provi a effettuare un ciclo intero in modalità stand-by [▶90]
Non si spegne	Questa versione di sistema è <i>always on</i> e non deve essere mai spenta. Per favore, consulti invece le istruzioni per la modalità stand-by. [▶90] Attenzione: il sistema si spegne soltanto a fine vita del prodotto [▶205] e

	per il momento non è riattivabile [►225]
Non va in stand-by	Segua le raccomandazioni alle pagine 90, 96. Se non entra in stand-by dopo 48 ore di tentativi, chiami urgentemente l'assistenza al numero 118
L'immagine è sfocata	Se usa abitualmente le lenti (opzionali), controlli che siano montate correttamente. Viceversa, chiami l'assistenza al 118
Lo schermo è tutto nero	Provi a verificare la presenza di fotonii nella stanza. Se è ancora tutto nero, controlli che non ci sia un black-out elettrico. Viceversa, chiami subito

	l'assistenza
L'audio si sente male	Se usa abitualmente i silenziatori uditivi (opzionali), controlli che siano disinstallati. Viceversa, chiami l'assistenza
La memoria a breve termine è troppo breve	Legga le istruzioni alle pagine 69, 214
Non riesce a imparare	È praticamente impossibile. Il cervello è una <i>learning machine</i> già appena uscita di fabbrica. <i>Tuttavia</i> , se lei non ha mai eseguito la procedura di sblocco, conosciuta come <i>growth mindset</i> , vada subito a

**La
motivazione
sembra
inceppata**

Segua le raccomandazioni [▶152] ripetendo più volte il ciclo e lo sblocco è garantito al 100%. In teorico caso contrario, controlli i termini della garanzia [▶239]

**Va troppo
facilmente
fuori giri**

Se lei si riferisce alla sovraeccitazione, con forte battito cardiaco e magari sudore ai terminali articolari periferici, le consigliamo di tenere sotto controllo lo stress [▶192]. Se invece si riferisce a episodi di collera (la c.d. “incazzatura”) faccia riferimento alla pagina 170. In entrambi i casi, inspiri profondamente, lentamente e ritmicamente

per un minuto

Il menù non si trova

Il suo cervello è completamente automatico, quindi non ha bisogno di menù, ad esempio per selezionare la funzione “correre” al fine di raggiungere il treno in partenza. Il collegamento ad alta velocità fra la corteccia cerebrale e gli arti inferiori le assicura un trasferimento automatico dei comandi mentali in meno di 100 millisecondi. Con una selezione da menù, il treno sarebbe già partito

Si assicuri sempre di mantenere l'efficienza di base del sistema con

**La funzione
“pensiero”
è come
rallentata**

adeguate fasi di stand-by, il regolare inserimento di acqua e di sani nutrienti e un costante esercizio fisico. Se ha dubbi anche su una sola di queste raccomandazioni, legga per favore a pagina 96

NOTE LEGALI

Il titolo di questo libro, *Cervello. Manuale dell'utente*, deve essere inteso solo come stratagemma narrativo o come *divertissement*, e non in senso letterale. L'obiettivo di questo piccolo volume è informare l'utente medio di un cervello *sapiens* sulle principali caratteristiche della macchina cerebrale che possiede, attraverso fatti, nozioni e riflessioni che potrebbero tornare utili nel corso della sua quotidiana esperienza cerebrale.

L'obiettivo non è in alcun modo quello di indicare come curare patologie né quello di dispensare consigli o fornire decaloghi per il *self-help*.

Ci corre l'obbligo di ragguagliarla anche sul fatto che il manuale è stato scritto da un

semplice giornalista, sinceramente appassionato di scienza ma reduce da studi umanistici. Questa informazione, tuttavia, non le garantisce un diritto di recesso.

Il contenuto del volume è interamente responsabilità dell'autore. Lui stesso ha scartato l'idea di appesantire il manuale con pagine e pagine di note sulle fonti utilizzate, che poi in definitiva sono i libri menzionati nel testo, la bibliografia consigliata [▶247] più le numerose fonti *online* di articoli scientifici *peer-reviewed* (come *Science* e *Nature*) e di scienza divulgativa, incluse Wikipedia, YouTube, Ted, Coursera e Khan Academy. Nel tentativo di semplificare in poche pagine la cosa più complessa che c'è, l'autore ha cercato di scegliere le informazioni più interessanti e, fra le miriadi di controversie scientifiche, le posizioni che ricevono più consensi fra gli esperti o, in qualche

rarissimo caso, quelle che a lui piacevano di più.

Il prodotto finale potrebbe non essere immune da pregiudizi cognitivi. [▶186] A questo proposito, si precisa che la responsabilità dell'autore è riservata ai confini esclusivamente morali e non comporta responsabilità materiali per l'uso improprio del prodotto. [▶239] Il foro competente è la Prima sezione civile del Tribunale di Wellington, Nuova Zelanda.

Non tenere il manuale fuori dalla portata dei bambini.

POSTFAZIONE

di Tomaso Poggio

*direttore, Center for Brains, Minds
and Machines, MIT*

L'origine dell'universo. La struttura della materia. Il mistero della vita. L'evoluzione dell'intelligenza. Sono quattro tra i più grandi interrogativi che confrontano la scienza moderna e che terranno occupati gli scienziati per decenni e forse secoli a venire. Tuttavia, credo che il problema dell'intelligenza sia la sfida di questo

secolo, proprio come la fisica nella prima metà del Novecento e la biologia genetica nella seconda.

Per quanto incredibilmente difficile, capire e replicare l'intelligenza è senz'altro la sfida più cruciale delle quattro. La ragione è che i progressi nel risolvere il problema dell'intelligenza ci permetteranno di aumentare sia la nostra intelligenza che quella dei nostri computer, aiutandoci a risolvere più facilmente gli altri grandi problemi della scienza.

Appena cento anni fa credevamo che la Via Lattea fosse l'universo, fin quando Edwin Hubble non ci ha rivelato che è solo una di circa 200

miliardi di galassie. Appena settanta anni fa non sapevamo come funzionasse la meraviglia della trasmissione ereditaria, fin quando Francis Crick e James Watson non hanno svelato il codice segreto nascosto in ogni singola cellula. Da allora, l'evoluzione della scienza ha quasi raddoppiato la durata media della nostra vita e moltiplicato il nostro sapere. In altre parole, ha aggiunto altri tasselli all'evoluzione della specie umana.

È chiaro che la selezione naturale ha modellato l'uomo moderno con gli stessi strumenti che hanno prodotto le felci e i baobab, gli insetti e gli elefanti: i geni.

Ma i geni non bastano a spiegare l'evoluzione dell'intelligenza umana. Ci sono anche le idee, quel che il biologo Richard Dawkins ha battezzato memi. I memi, proprio come i geni, possono competere o collaborare fra di loro, possono preservarsi e possono mutare. Difatti le idee si diffondono come un virus: si replicano, evolvono, si selezionano.

Le tecnologie sviluppate dal genere umano – a cominciare dal fuoco e dalla ruota – sono diventate una parte integrante della sua stessa evoluzione, che è ormai inestricabilmente legata all'evoluzione culturale e tecnologica. Da questo punto di vista, potremmo dire che il genere umano si è

progressivamente dotato di una sorta di *superbrain*, un'intelligenza globale che travalica quella individuale. Tanto per fare un esempio, non esiste persona al mondo capace di capire (e di fabbricare) tutti i microchip, tutti i sistemi di alimentazione e comunicazione, nonché tutti i software che compongono un moderno smartphone, che è milioni di volte più potente del computer usato dalla NASA per le prime missioni Apollo.

Siamo nel momento storico in cui il cammino dell'intelligenza artificiale, e in particolare del *machine learning*, è ufficialmente cominciato. La fusione della neuroscienza con la scienza dei computer è destinata a trasfondere nelle

macchine crescenti dosi di intelligenza, che potranno rivelarsi critiche per la salute pubblica, l'istruzione, la sicurezza e in generale per la prosperità di un mondo difficile chiamato a scelte difficili. È mia convinzione che nel futuro l'intelligenza artificiale contribuirà a migliori decisioni collettive, peraltro necessarie ad affrontare i dilemmi di un pianeta compiutamente globalizzato e letteralmente trasformato – non sempre per il verso giusto – dal genere umano.

Qualcuno potrebbe pensare che questa visione “cosmica” e futuribile dell'evoluzione dell'intelligenza abbia poco a che fare con un manuale per l'utente cerebrale. Credo che sia vero il

contrario. È la conoscenza accumulata da generazioni e generazioni di cervelli, che ha disegnato il mondo così come lo conosciamo. Eppure, come osserva Marco Magrini, il singolo utente della macchina neuronale non è solitamente ben informato sui meccanismi che la fanno funzionare. Meccanismi straordinari, talvolta impensabili e controintuitivi, progressivamente sempre più noti alle neuroscienze eppure solitamente ignoti alla maggior parte della gente.

Nel Ventunesimo secolo, questo divario andrebbe superato. La scuola si occupa di fornire i contenuti dell'istruzione senza però insegnare cos'è e come funziona quell'intricata

macchina biologica che serve ad apprendere. Conoscere i processi elettrochimici che stanno dietro alle emozioni e ai sentimenti, ma anche alla motivazione o alla creatività, non toglie nulla ai piaceri (né ai dispiaceri) della vita: eppure può servire davvero a vivere più consapevolmente. Personalmente auspico che un numero crescente di persone, a cominciare dai rappresentanti politici delle nazioni, conosca quel che sappiamo oggi e si prepari a cambiare idea con quel che sapremo domani.

Così come Copernico, Galileo e Hubble hanno cambiato la concezione del nostro posto nell'universo, una straordinaria messe di scoperte

neuroscientifiche sta facendo luce sulla cosa più complessa e stupefacente dell'universo stesso: il cervello umano. In questo libro, che ha la fortuna di essere perfino divertente, è sintetizzata benissimo.

Bibliografia consigliata

- Brynjolfsson Erik, McAfee Andrew, *La nuova rivoluzione delle macchine. Lavoro e prosperità nell'era della tecnologia trionfante*, Feltrinelli, Milano 2015
- Burnett Dean, *The idiot brain. A neuroscientist explains what your head is really up to*, Guardian Books/Faber & Faber, London 2016
- Carr Nicholas, *Internet ci rende stupidi? Come la rete sta cambiando il nostro cervello*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2010
- Crick Francis, *The astonishing hypothesis. The scientific search for the soul*, Scribner, New York 1994
- Damasio Antonio, *L'errore di Cartesio*.

Emozione, ragione e cervello umano, Adelphi, Milano 2007

- Dawkins Richard, *Il più grande spettacolo della Terra. Perché Darwin aveva ragione*, Arnoldo Mondadori Editore, Milano 2010
- Dennett Daniel, *L'evoluzione della libertà*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2004
- Doidge Norman, *Il cervello infinito. Alle frontiere della neuroscienza: storie di persone che hanno cambiato il proprio cervello*, Ponte alle Grazie/Adriano Salani editore, Milano 2007
- Duhigg Charles, *La dittatura delle abitudini*, Corbaccio, Milano 2012
- Dweck Carol, *Mindset. Cambiare forma mentis per raggiungere il successo*, Franco Angeli, Milano 2017

- Foer Joshua, *L'arte di ricordare tutto*, Longanesi, Milano 2011
- Kurzweil Ray, *The age of spiritual machines: when computers exceed human intelligence*, Penguin, New York 2000
- Kurzweil Ray, *Come creare una mente. I segreti del pensiero umano*, Apogeo Next, Milano 2013
- Marcus Gary. Kluge. *The haphazard construction of the human mind*, First Mariner Books, New York 2009
- Markoff John, *Machines of loving grace. The quest for common ground between humans and robots*, HarperCollins, New York 2015
- Mlodinow Leonard, *Subliminal. The new unconscious and what it teaches us*, Allen Lane, London 2012

- Newport Cal, *Deep work. Rules for focused success in a distracted world*, Piatkus, London 2016
- O'Shea Michael, *The Brain: a very short introduction*, Oxford University Press, Oxford 2005
- Oakley Barbara, *A mind for numbers. How to excel at math and science*, Penguin, New York 2014
- Punset Eduardo, *L'anima è nel cervello. Radiografia della macchina per pensare*, Marco Tropea Editore, Milano 2008
- Ridley Matt, *Nature via Nurture. Genes, experience and what makes us human*, Fourth Estate, London 2003
- Sacks Oliver, *Musicofilia. Racconti sulla musica e il cervello*, Adelphi, Milano 2010

- Sapolsky Robert M., *The trouble with testosterone. And other essays on the biology of the human predicament*, Scribner, New York 1997
- Shermer Michael. *Homo credens. Perché il cervello ci fa coltivare e diffondere idee improbabili*, UAAR, Roma 2015
- Tononi Giulio, *Phi. Un viaggio dal cervello all'anima*, Codice, Torino 2014
- Wright Robert, *Nonzero. The logic of human destiny*, Pantheon Books, New York 2000

Ringraziamenti

Nel 2013, quando il mio cervello ha deciso di concludere dopo 24 anni la propria esperienza con «Il Sole 24 Ore», ha sentito il desiderio di approfondire il tema dell'intelligenza artificiale. Così ho chiesto aiuto al professor Tomaso Poggio, uno dei padri della neuroscienza computazionale, conosciuto pochi mesi prima in occasione di un'intervista. Lui è stato così gentile da ospitarmi per tre mesi nel suo laboratorio al Massachusetts Institute of Technology e da diventarmi amico.

In quei giorni, immerso nei meccanismi dell'intelligenza come non lo ero mai stato, il suddetto cervello ha prodotto un pensiero in modo del tutto automatico: «Abbiamo un manuale per tutto, dal frigorifero allo spazzolino elettrico, ma non per la macchina

più importante che possediamo». L'idea di questo libro, disarmante nella sua banalità, è nata lì.

Ecco perché il primo ringraziamento va a Tommy, come tutti lo chiamano. Il secondo va a sua moglie Barbara Venturini-Guerrini che, oltre a ospitarmi come farebbe una sorella, ha letto questo manuale in corso di scrittura (è neuropsicologa) fornendomi consigli e le giuste dosi di dopamina per la mia motivazione. Il successivo grazie spetta agli altri quattro amici che hanno composto il mio fidato gruppo di lettura: Maria Briccoli Bati (neurofisiologa), Valeria Marchionne (editor), Miriam Verrini (giornalista) e Pietro Tonolo (musicista).

Grazie a Todd Parrish e Daniele Procissi, professori della Northwestern University di Chicago, per le spiegazioni sulla tecnologia fMRI (e per avermici fatto fare un giro). Grazie al professor Andrea Camperio Ciani dell'Università di Padova per i consigli sui

modelli cerebrali. Grazie alla “mia” editor Veronica Pellegrini. Grazie a Laura Venturi per l’impaginazione e la pazienza.

Un grazie per gli incitamenti e i dibattiti va anche (in ordine sparso) a Anna e Alberto Miragliotta, Anna e Piergiorgio Pelassa, Annalisa e Andrea Malan, Valentina e Aldo Gangemi, Maurizio Bugli, Alex Jacopozzi, Monica Mani, Cesare Peruzzi, Graeme Gourlay, Annamaria Ferrari, Eleonora Gardini, Marco Pratellesi, Patrizia Guarnieri, Luca Magrini, Giuditta Gemelli, Pierre de Gasquet, Celio Gremigni, Alessandro Bronzi, Piero Borri, Massimo Ercolanelli, Francesco Maccianti e molti altri ancora, inclusi i miei affezionati compagni di classe e i miei figli Jacopo e Carolina ai quali questo libro è dedicato.

Un ricordo speciale per Marco Lamioni, raffinato musicista e uomo gentile, che si era così divertito a sentirmi raccontare di questo

libro sul cervello, nonostante il male lo avesse
attaccato proprio lì.