

INTRODUZIONE



Perché le neuroscienze “fai da te”?

Respiriamo e vediamo il nostro petto alzarsi e abbassarsi, camminiamo nella stagione più calda e sudiamo, muoviamo le braccia e le gambe e scorgiamo i muscoli che si contraggono sotto la pelle. Ci emozioniamo e sentiamo che il nostro battito cardiaco accelera quando ci avviciniamo alla persona per cui abbiamo una cotta. Riusciamo a ricordare l'odore della cantina di nostra nonna, come ci siamo sentiti durante il nostro primo bacio e qual è il nostro indirizzo di casa. Tutto questo è possibile grazie a quel meraviglioso organo nella nostra testa chiamato cervello, o encefalo. La comprensione del cervello è ancora oggi una delle più grandi sfide in campo scientifico.

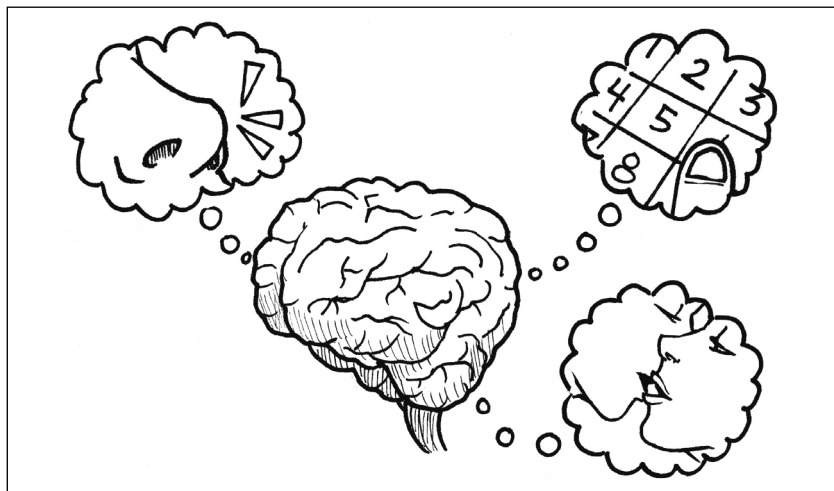


Figura I.1

Come funziona effettivamente il pensiero? Come fa il cervello a ordinare al corpo di muoversi? In che modo il corpo comunica al cervello quanto percepito con i suoi molteplici sensi? Come facciamo a ricordare le cose? Perché sogniamo? In che modo siamo coscienti e consapevoli di noi stessi? Come impariamo? Queste domande hanno sconcertato i pensatori fin dalle prime civiltà e si sono evolute nel campo delle neuroscienze, il cui scopo è proprio trovare le risposte a tali quesiti. Negli ultimi 150 anni sono stati compiuti grandi progressi nella comprensione della funzione cerebrale, ma in genere sono solo i neuroscienziati ad apprezzare questi risultati. A differenza delle scienze della terra, della biologia vegetale, della fisica, dell'astronomia e di altri pilastri del sistema didattico, le neuroscienze non vengono per tradizione insegnate a scuola, se non durante i corsi avanzati in ambito universitario.

Aspetta... le neuroscienze sono difficili!

Le neuroscienze sono ritenute troppo complesse o troppo vaste per essere insegnate nelle scuole superiori o per essere apprese dagli autodidatti. Il detto “non ci vuole una scienza” suggerisce proprio che qualsiasi cosa abbia a che fare con la scienza sia piuttosto difficile dal punto di vista cognitivo. Sembra quasi che solo pochi eletti possano provare ad affrontare questi temi, anche nelle università dedite alla ricerca. Non sorprende, quindi, che le neuroscienze siano tipicamente insegnate solo a livello universitario e che gli esperimenti svolti sul cervello dei viventi siano spesso condotti solo presso gli istituti di ricerca ben finanziati.

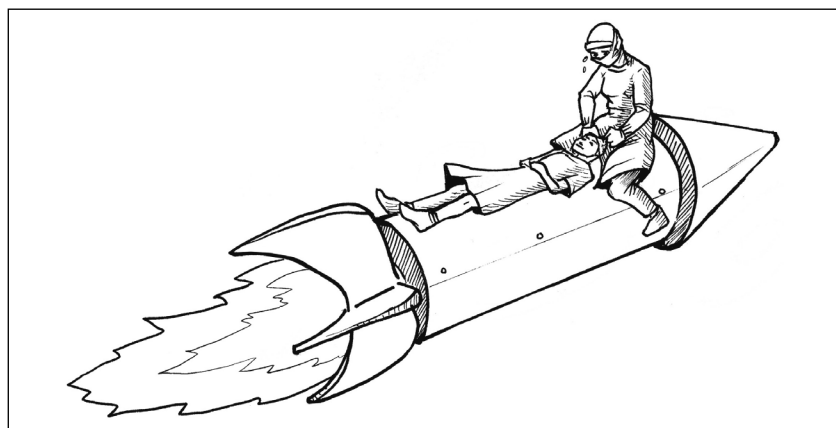


Figura I.2

Forse, però, il motivo per cui le neuroscienze non riescono ad entrare negli altri percorsi scolastici non ha nulla a che fare con la complessità del nostro cervello: il problema sembra essere il costo elevato degli strumenti di ricerca. Il numero di ricercatori attivi nell'ambito delle neuroscienze è decisamente limitato rispetto al numero di consumatori tipici: le aziende che sviluppano le attrezzature necessarie ai ricercatori devono quindi addebitare costi elevati per sopravvivere. Questo non è un problema per gli studenti universitari, per i quali è previsto un budget apposito nelle borse di studio, ma fa sì che gli strumenti per le neuroscienze siano al di fuori della portata della maggior parte degli studenti delle scuole superiori.

Il crescente bisogno di istruzione nel campo delle neuroscienze

Abbiamo compiuto grandi passi avanti nella comprensione del cervello, ma siamo tuttora nel medioevo per quanto riguarda le neuroscienze: tanto per dire, ancora non sappiamo esattamente come vengono immagazzinati i ricordi nel cervello. La comunità medica non è in grado di diagnosticare in modo affidabile il morbo di Alzheimer se non quando il cervello viene sezionato dopo la morte. Che cos'è la schizofrenia, esattamente? E la depressione? A una persona su cinque, a un certo punto della vita, viene diagnosticata un'afflizione cerebrale e purtroppo è noto che non siano disponibili cure per i disturbi neurologici. Per cambiare questa situazione è necessario che la ricerca sul cervello diventi accessibile a tutti.

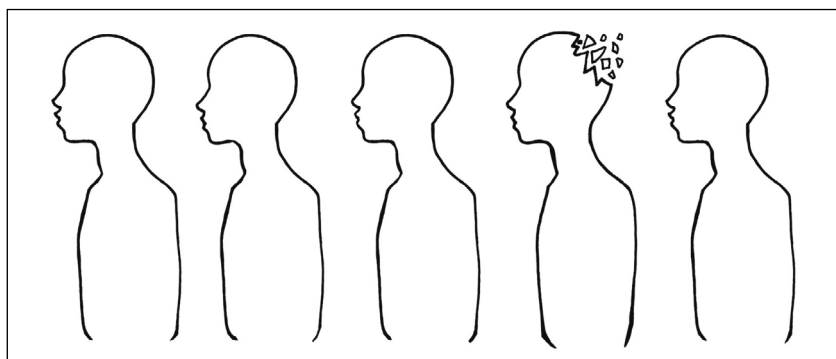


Figura I.3

Le persone vogliono padroneggiare il proprio encefalo! Le biblioteche e le librerie sono piene di volumi dedicati alle neuroscienze e alla psicologia: moltissimi libri, scritti da autori di talento, filosofi,

neuroscienziati, psicologi e ingegneri informatici, cercano di spiegare il cervello in modi sempre più coinvolgenti, mentre le riviste pubblicano spesso articoli sui “misteri del cervello” che sono stati finalmente svelati. Questa passione aiuta a soddisfare la nostra sete di conoscenza: il cervello è personale, è misterioso, governa tutta la nostra vita e si sforza persino di capirla.

Purtroppo, la mancanza di istruzione nell'ambito delle neuroscienze lascia campo libero a uno sfruttamento del tema che si rivela del tutto inutile: campi come la neuroeducazione, il neuromarketing e la neuroeconomia spesso sfruttano proprio la mancanza di comprensione da parte del pubblico delle funzioni cerebrali di base. Assistiamo alla costante crescita del mercato dei prodotti per migliorare la salute del cervello, comprendente integratori vitaminici, grassi omega e applicazioni che riproducono musica classica per i neonati. La società è altresì permeata da numerose idee comuni sul cervello: una frase come “usiamo solo il 10% del nostro cervello” può indurci a lavorare di più; “l'alcol uccide le cellule cerebrali” può aiutarci a bere di meno; “le parole crociate mantengono giovane il cervello” può stimolarci a tenerci impegnati e occupati. Eppure, nessuna di queste affermazioni si basa su ricerche neuroscientifiche. Per esempio, non ci sono prove fisiche a dimostrazione del fatto che alcuni individui usano maggiormente l'emisfero cerebrale di destra o di sinistra. Eppure, questi miti provano il nostro interesse di fondo per il cervello e per il suo ruolo nei nostri atteggiamenti.

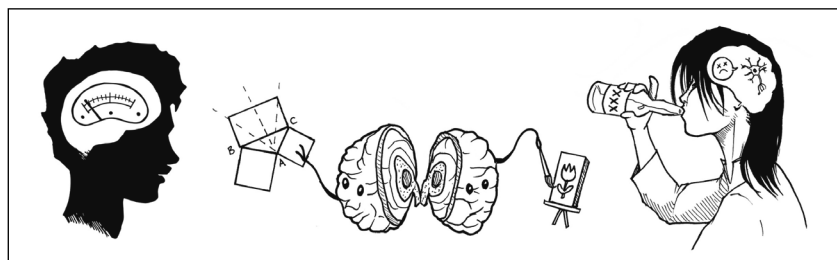


Figura I.4

La neurorivoluzione è vicina

L'interesse per il cervello, associato alla mancanza di dispositivi di ricerca neuroscientifica a disposizione dei consumatori, riporta alla mente i primi giorni della rivoluzione informatica. I computer erano disponibili già negli anni Sessanta, ma erano enormi e costosi: solo le banche, le imprese e le grandi università potevano permetterseli.

Tuttavia, con l'invenzione del microprocessore Intel 8080, divenne finalmente disponibile un chip abbastanza accessibile (circa 75-300€ nel 1976) che permise di lanciare il primo personal computer, l'Altair 8800. Fu questa la scintilla che innescò la rivoluzione informatica: passò ben poco tempo prima che nascessero comunità di appassionati impegnati a scambiarsi idee. Steve Wozniak attribuisce all'Homebrew Computer Club l'ispirazione per l'Apple I; allo stesso modo, il primo prodotto di Microsoft fu un interprete del linguaggio BASIC proprio per l'Altair 8800. L'accelerazione dell'innovazione dei personal computer è iniziata con la democratizzazione dei microprocessori e continua ancora oggi.

La rivoluzione elettronica/informatica ha prodotto un “effetto spillover”: grazie all'invenzione di componenti a basso costo e strumenti open source, oggi è possibile avviare alle neuroscienze una popolazione più ampia, mettendo a sua disposizione i componenti elettronici necessari per registrare l'attività elettrica delle cellule cerebrali (Figura I.5).

L'obiettivo delle neuroscienze fai da te è quello di replicare la rivoluzione informatica, consentendo anche a coloro che in precedenza non avevano accesso agli strumenti necessari di contribuire in modo significativo a questo settore.

Sono stati numerosi gli scienziati dilettanti che hanno migliorato la nostra comprensione collettiva della natura: per esempio, non appena presero piede i club e i gruppi di astronomia, i dilettanti iniziarono a scoprire nuove nebulose e comete nel cielo notturno (la famosa cometa Hale-Bopp fu scoperta proprio con l'aiuto di un astronomo dilettante, Thomas Bopp). Anche il pianeta Urano fu scoperto nel 1781 da un curioso direttore d'orchestra e compositore di nome William Herschel. Molti eventi rari, come lo schianto di comete e grandi asteroidi sui vari pianeti, sarebbero passati inosservati se non fosse stato per i dilettanti che hanno ripreso questi eventi su video affinché gli scienziati potessero studiarli (Figura I.6).

Nell'ambito della matematica, alcune delle prove più eleganti relative al calcolo del *pi greco*, insieme a molte altre sorprendenti derivazioni, sono state sviluppate da un dilettante indiano di nome Srinivasa Ramanujan. I proprietari di animali domestici hanno contribuito notevolmente al lavoro sulla cognizione animale: per esempio, il cacatua Snowball di Irena Schulz ha permesso di scoprire che anche gli esseri non umani possono sviluppare la cosiddetta “beat induction” (un'induzione del battito cardiaco che corrisponde al ritmo della musica), mentre Rico, un cane tedesco, è il protagonista di un articolo apparso nel 2004 sulla rivista *Science* in cui si descriveva la sua capacità di classificare fino a 200 oggetti a lui sconosciuti.

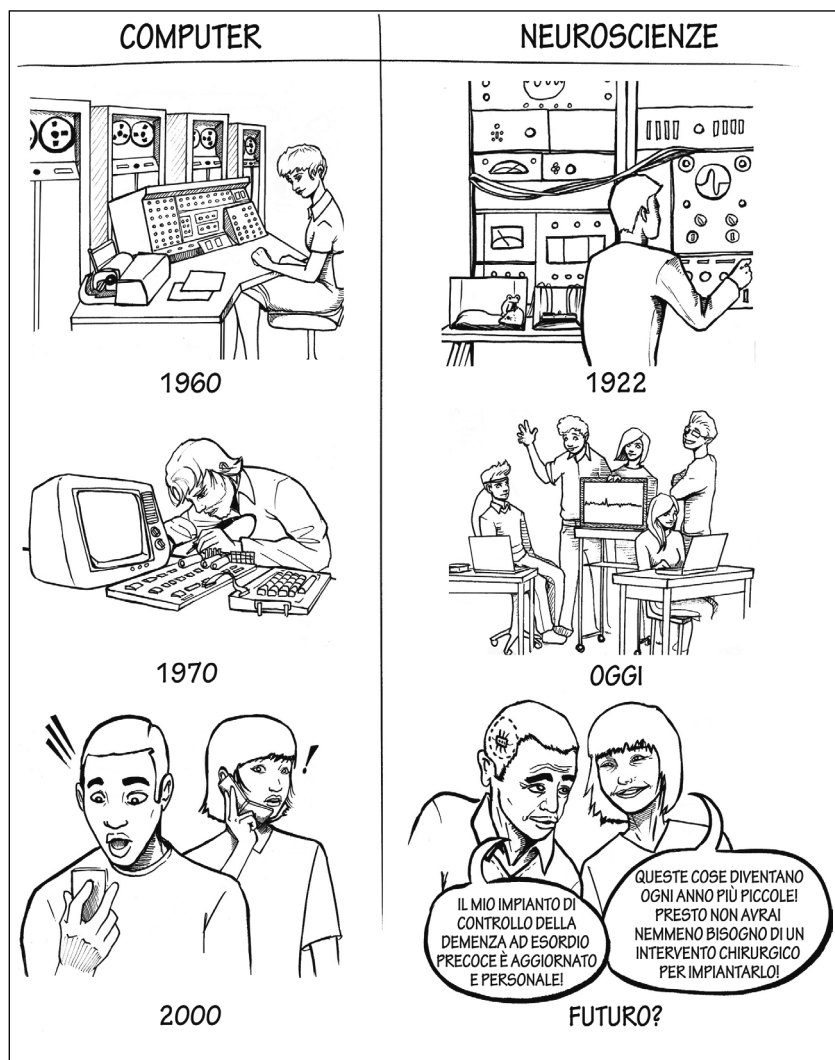


Figura I.5

Un aspetto che tutti questi scienziati dilettanti hanno in comune è la possibilità di accedere a strumenti poco costosi: telescopi, matite e animali domestici sono mezzi a basso costo che permettono di generare facilmente dati e idee. Se gli strumenti per le neuroscienze potessero essere democratizzati in modo simile, forse i dilettanti potrebbero aiutarci a migliorare anche la nostra comprensione del cervello.

Fortunatamente, nel 2008 sono state rilasciate diverse tecnologie innovative che hanno cambiato le modalità di sviluppo di quegli strumenti tradizionalmente costosi.

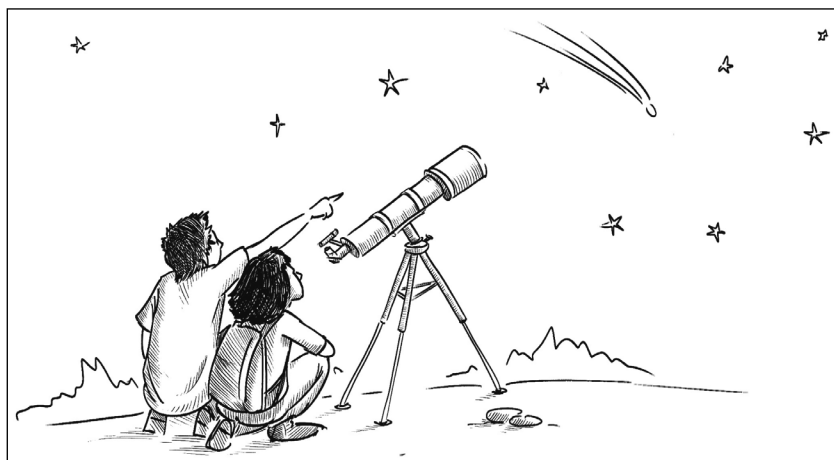


Figura I.6

Il microcontroller Arduino fu inventato da un gruppo di artisti e ingegneri proprio per consentire ai dilettanti di controllare facilmente i dispositivi elettronici e meccanici; la disponibilità di questo strumento permise di realizzare invenzioni come MakerBot, la prima stampante 3D commerciale per i consumatori. Nello stesso anno, Apple rilasciò l'App Store per il suo dispositivo mobile iPhone, trasformando lo smartphone in un computer portatile, incredibilmente potente e connesso a Internet, che gli utenti potevano programmare a piacere. Le materie prime necessarie per costruire i pezzi, programmare l'elettronica e connettere i dispositivi alle app mobili erano finalmente disponibili! Queste tecnologie portarono a un nuovo tipo di centro comunitario chiamato makerspace, in cui gli strumenti di produzione desktop potevano essere condivisi per consentire a chiunque di assemblare un prototipo di qualsiasi cosa: un razzo, un nuovo strumento musicale, persino una strumentazione scientifica.

Utilizzando queste tecniche fai da te, oggi è possibile costruire semplici strumenti per le neuroscienze in grado di sostituire apparecchiature di laboratorio più avanzate. Gli esperimenti con le strumentazioni neuroscientifiche per uso domestico possono abbracciare un vasto raggio d'azione. Le neuroscienze assumono dimensioni grandi e piccole allo stesso tempo: puoi ingrandire e rimpicciolire i messaggi elettrici inviati dai singoli neuroni che comunicano tra loro nelle zampe degli insetti, oppure esaminare con il più alto dettaglio la vasta attività elettrica dei miliardi di neuroni nel tuo cervello attraverso l'elettroencefalografia (EEG). Il campo delle neuroscienze è vario tanto quanto le persone che lo studiano. La riunione annuale della Society for Neuroscience, la più grande conferenza sulle neuroscienze, conta

circa 30.000 partecipanti ogni anno: sembra un numero enorme, ma corrisponde solamente alla popolazione di una piccola città. Con la democratizzazione degli strumenti e delle competenze, è possibile che molti altri contribuiscano al settore, anche solo individuando le giuste domande da porre.

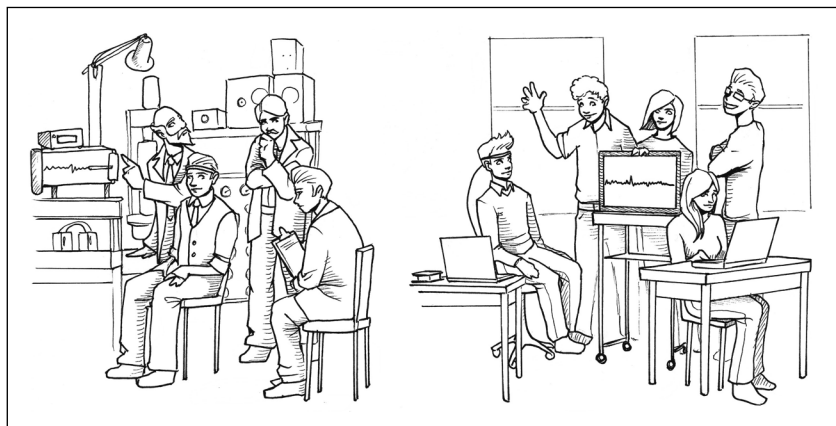


Figura I.7

Questo libro ti permette di conoscere la ricerca neuroscientifica e di parteciparvi attivamente. Il nostro obiettivo è fornire l'accesso a strumenti e tecniche per capire quali domande porre utilizzando gli esperimenti neuroscientifici e quali sono i limiti della tecnologia attuale. Quello che in precedenza era fruibile solo nei laboratori delle università di ricerca ora è a disposizione di tutti i curiosi. I muri sono scomparsi, le serrature sono state rimosse, le barriere sono state sollevate e il ponte levatoio è stato abbassato: le neuroscienze e la conoscenza del cervello sono finalmente alla portata di tutti.

Come utilizzare questo libro

Questo libro è una guida pratica alla conoscenza del cervello attraverso esperienze concrete e tangibili. Introduciamo i concetti delle neuroscienze, ne presenteremo la storia e ti accompagneremo nello svolgimento di alcuni esperimenti che tu, in prima persona, potrai eseguire per capire meglio il funzionamento del cervello. Interagendo direttamente con le neuroscienze, scoprirai i principi di base che ti aiuteranno a capire come funziona il nostro encefalo.

Chi dovrebbe leggere questo libro

Anche se riteniamo che tutti siano curiosi riguardo al cervello, abbiamo scritto questo libro pensando a una serie di destinatari specifici. Potrebbe sembrare un gruppo piuttosto disparato, ma l'interesse per le neuroscienze lega tutti questi individui.

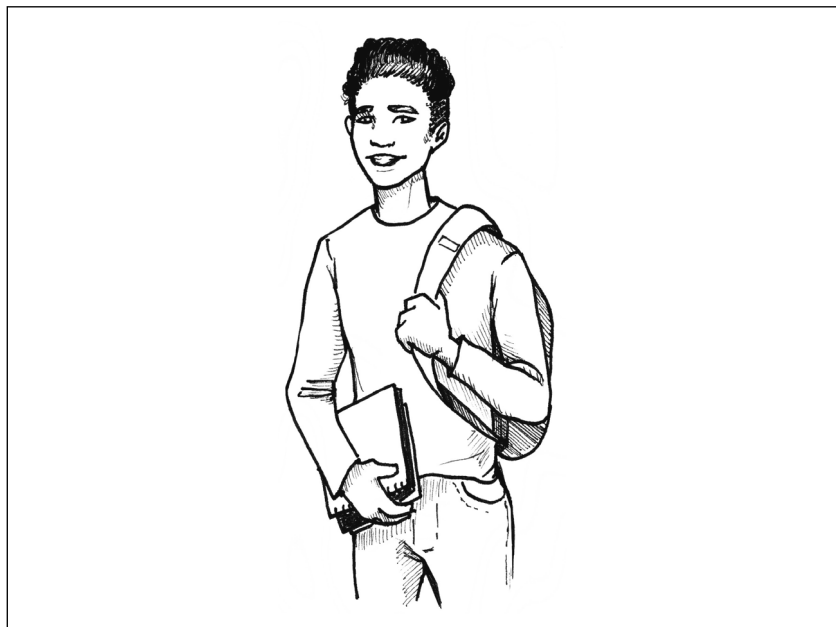


Figura I.8

Studenti Se sei uno studente di biologia, fisiologia o anatomia, avrai ben poche possibilità di fare esperienza in laboratorio con le neuroscienze. Questo libro completerà e amplierà le conoscenze generali che hai acquisito. Puoi replicare gli esperimenti o costruire i circuiti mostrati in questo libro per ottenere una conoscenza applicata delle neuroscienze e dell'ingegneria biomedica: otterrai così una visione pratica delle neuroscienze, che potrà guidarti nella scelta della tua futura carriera.

Questo libro può servirti anche come trampolino di lancio per pensare a progetti neuroscientifici da presentare alle fiere scolastiche o per la tesi universitaria.

Spetta a te decidere che cosa fare con queste conoscenze. Per aiutarti con un'analogia, diciamo che ti piacerebbe fare musica: per iniziare, dovrai acquistare una tastiera o una chitarra a basso costo e imparare a suonarla. Il tuo nuovo hobby potrebbe rimanere tale o svilupparsi in una passione vera e propria, che porterà la tua vita a

un altro livello, magari attraverso la formazione di una band con i tuoi amici. Potrebbe persino sbocciare in una carriera musicale vera e propria! Qualunque sia il risultato, la tua vita sarà migliore grazie alla musica. Il nostro obiettivo è fare lo stesso per le neuroscienze: puoi usare il libro per diventare un cittadino informato o uno scienziato dilettante (per esempio un astronomo o un giocatore di scacchi), oppure puoi sfruttare queste pagine per trovare l'ispirazione necessaria a diventare un neuroscienziato professionista, un ingegnere biomedico o un medico (o tutti e tre, a seconda delle tue ambizioni).

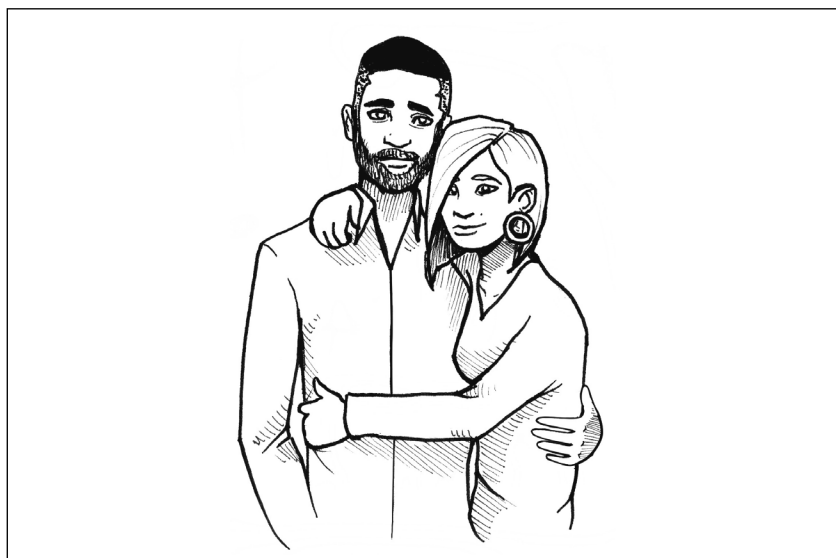


Figura I.9

Genitori Se sei un genitore che vuole incoraggiare l'interesse per la biologia del proprio figlio, questo libro fa anche per te. Tuo figlio potrebbe non sapere che studiare i sistemi elettrici degli esseri viventi può essere immensamente gratificante, un'attività ricca di mistero e meraviglia. In più, potresti guidare e coltivare le capacità di tuo figlio collaborando ai progetti. Quello delle neuroscienze è un campo molto ampio, dove c'è ancora tanto da scoprire.

Un giovane studente potrebbe contribuire al campo della neurobiologia degli invertebrati, considerando che nulla è più attraente per un consiglio di ammissione universitario di una serie di esempi di ricerca e pensiero indipendenti, soprattutto nel settore dell'alta tecnologia. I nostri contenuti sono in linea con gli standard scientifici di prossima generazione (NGSS, Next Generation Science Standards) e con i programmi di biologia avanzata dell'AP Biology Framework: tuo

figlio potrà quindi cominciare a comprendere i fondamenti avanzati attraverso il gioco esplorativo.

Imparare a conoscere il cervello è anche divertente. Ricorda che non sono solo i bambini ad avere un cervello, ma anche gli adulti: svolgete gli esperimenti insieme e imparate in compagnia! La collaborazione a progetti di questo genere può creare alcuni dei ricordi più forti e duraturi tra genitori e figli (ma anche tra amici). Un bambino potrebbe conservare uno strumento che ha usato insieme a un genitore o a un nonno anche durante la sua vita adulta, preparandosi a trasmetterlo alla generazione successiva.



Figura I.10

Anime curiose Se ti piace leggere i libri di divulgazione scientifica scritti con un approccio didattico e pratico, questo fa proprio al caso tuo. Imparerai a conoscere il cervello in maniera pratica, senza lunghi paragrafi pieni di parole che descrivono strutture anatomiche e connessioni di cui non hai mai sentito parlare. Ci concentreremo invece sui principi fondamentali, giungendo poi a esaminare le neuroscienze più all'avanguardia; dimostreremo come costruire apparecchiature di misurazione per studiare il cervello e come lavorare con questi strumenti, utilizzando illustrazioni e analogie lungo il percorso.

Anche noi ci siamo ispirati alle risorse fai da te che si trovano online o su riviste come *Make*, che forniscono istruzioni dettagliate per replicare i progetti sviluppati da artisti, ingegneri, dilettanti e scienziati. Abbiamo imparato molto attraverso la riproduzione degli esperimenti e vogliamo applicare lo stesso principio alla divulgazione

nel campo delle neuroscienze. Questo argomento è stato poco affrontato finora nei libri di neuroscienze; pertanto, questo libro ti aiuterà a diventare un cittadino “biologicamente informato”. Vogliamo che tu rabbrivisca la prossima volta che leggerai un articolo su un robot o un videogioco controllato dall’attività delle onde cerebrali! Scoprirai in prima persona i limiti di varie tecnologie neuroscientifiche e sarai in grado di raccogliere i dati da solo. Inoltre, più comprenderai il tuo cervello e i tuoi segnali biologici, minore sarà la probabilità di credere alle fake news. Armato di un po’ di curiosità e degli strumenti necessari per trovare risposta alle tue domande, potrai entrare a far parte di coloro che migliorano costantemente il campo delle neuroscienze!



Figura I.11

Scienziati Se sei uno scienziato professionista che sta pensando di introdurre l’elettrofisiologia nel suo programma di ricerca o insegnamento, questo libro fa al caso tuo, in quanto è un vero e proprio manuale di riferimento pratico. Le neuroscienze hanno molte discipline secondarie e spesso è difficile avere una conoscenza pratica di più di una o due di queste materie. Il nostro obiettivo è quello di introdurre l’elettrofisiologia tra le tue conoscenze. Molti scienziati usano *The Art of Electronics* di Horowitz e Hill, o *Fondamenti di fisica* di Halliday, Resnick e Walker, per ottenere un aiuto nelle questioni di ingegneria e fisica. I neuroscienziati scelgono anche *Campbell Biology* come riferimento per i processi biologici.

Principi di Neuroscienze di Eric Kandel è un eccellente riferimento per l'intero campo delle neuroscienze: in effetti, quello delle neuroscienze è un campo così ampio che il libro di Kandel pesa più del cervello stesso! Il nostro obiettivo è far sì che questo libro diventi la tua risorsa di riferimento per qualsiasi argomento pertinente all'elettrofisiologia o ai segnali biologici.

Quali sono le differenze tra segnali neurali e segnali cardiaci? Dove andrebbero posizionati gli elettrodi durante la registrazione dei ritmi cerebrali? Qual è la differenza tra un'onda e un potenziale evocato? Il nostro libro si propone di rispondere a queste domande, con capitoli che cercano di spiegare le basi utilizzando un linguaggio semplice per aiutarti a comprendere l'elettrofisiologia nell'arco di una settimana.

Modalità di lettura del libro

Spetta a te decidere come utilizzare questo libro: puoi leggerlo dall'inizio alla fine comodamente seduto con un caffè tra le mani per saperne di più sulle tecniche di indagine, oppure puoi svolgere tutti gli esperimenti in prima persona. Le sezioni sono raggruppate in base alla complessità neurale: partiremo da un piccolo numero di cellule nervose e arriveremo a capire come i raggruppamenti di queste cellule collaborano tra loro nel sistema nervoso. Questo non significa che l'argomento diventi man mano più complesso: anche se l'apprendimento dei neuroni è un buon punto di partenza, potresti tranquillamente iniziare la tua indagine dalla fisiologia muscolare umana o dagli elettrocardiogrammi (ECG). I principi che apprenderai riguardo un sistema sono spesso riconducibili agli altri.

I capitoli iniziano descrivendo la fenomenologia di una particolare area delle neuroscienze: per esempio, perché ti accorgi dei rumori di sottofondo, come quello prodotto dal motore del frigorifero, solo dopo avere spento l'elettrodomestico? Invece di discutere a lungo della teoria, abbiamo preparato il terreno per il momento più importante, quello dell'esperimento. È l'esperimento che ti permette di misurare effettivamente le cose! Ti spiegheremo come impostare ed eseguire esperimenti di neuroscienze da solo, poi mostreremo i dati delle nostre prove e ne discuteremo insieme. È importante sottolineare che ogni traccia di dati è stata realizzata basandosi su dati reali, non sull'ispirazione di un artista. Alcuni dati sono "danneggiati" dal rumore, altri da artefatti dell'ECG; del resto, i risultati che otterrai in prima persona presenteranno gli stessi problemi. Gli esperimenti ti guideranno attraverso una serie di domande, corredate da un po' di teoria e persino da un po' di storia. Abbiamo scelto di mantenere i titoli degli

esperimenti che appaiono nella letteratura scientifica per consentirti di trovare e confrontare i tuoi risultati con i colleghi del settore. Ma la scienza non finisce qui: ogni capitolo termina con domande aperte che suggeriscono esperimenti che potrai eseguire da solo (per esempio, i tempi di reazione si allungano quando invecchiamo?). Seguiremo questa struttura in ogni capitolo.

Il fulcro di questo libro sono quindi gli esperimenti. Gli strumenti scientifici fai da te menzionati sono venduti dalla nostra azienda, Backyard Brains, ma possono anche essere costruiti in autonomia partendo da schemi e software open source. Abbiamo aggiunto alcune appendici per spiegarti come costruire i bioamplificatori completamente da zero, utilizzando *breadboard* (basette sperimentali) e *op-amp* (amplificatori operazionali), ma anche per insegnarti a prenderti cura dei tuoi invertebrati domestici. Indipendentemente dal tuo approccio a questo libro, alla fine sarai pienamente informato sulle tecniche avanzate nel campo delle neuroscienze: che tu sia uno studente motivato, un genitore premuroso, un cittadino curioso o uno scienziato professionista, la strada verso la scoperta è proprio davanti a te.

L'etica dell'uso degli animali

In questo libro registreremo i segnali neurali non solo dagli esseri umani, ma anche da alcuni animali invertebrati. Ogni volta che si lavora con gli animali in ambito scientifico, è importante affrontare l'argomento dell'etica dell'uso degli animali: molti credono che non ci sia una via di mezzo quando si tratta di usare gli animali nella scienza, ma gli scienziati hanno sviluppato un quadro etico che può aiutare a prendere le giuste decisioni su ciò che dovrebbe essere permesso o vietato quando si lavora con gli animali.

Il rapporto tra animali ed esseri umani è complesso e risale ad almeno 12.500 anni fa, quando i cani divennero i primi animali domestici (seguiti da capre e pecore); naturalmente, non possiamo dimenticare come i nostri antenati ominidi hanno cacciato gli animali per procurarsi il cibo per almeno due milioni di anni. Nell'era moderna, sono molteplici le modalità d'uso degli animali nella società e altrettanti sono i dibattiti etici associati: le opinioni spaziano da coloro che credono che gli animali dovrebbero avere gli stessi diritti e tutele degli esseri umani a coloro che sostengono che attraverso un uso responsabile degli animali si possa e si debba soddisfare determinati bisogni umani.

Per iniziare, quindi, vedremo alcuni esempi dei principali usi degli animali nella società e il livello di controversia associato a ciascun

utilizzo: potremo così capire come ricorrere a un quadro etico per valutare questi scenari e prendere decisioni consapevoli.

Gli animali come alimento

Uno degli usi più visibili degli animali è come nutrimento. La società moderna spesso trascura il processo attraverso il quale gli animali viventi vengono trasformati in cibo, arrivando a dimenticare (o ignorare) le origini di questo nutrimento. Molte persone sostengono che mangiare carne è “naturale”, e quindi “neutro” dal punto di vista morale, visto che anche altri animali mangiano animali. Tuttavia, molti vegetariani e vegani sostengono che possiamo avere una dieta sana senza mangiare prodotti animali e che l'alimentazione onnivora non è per niente etica.

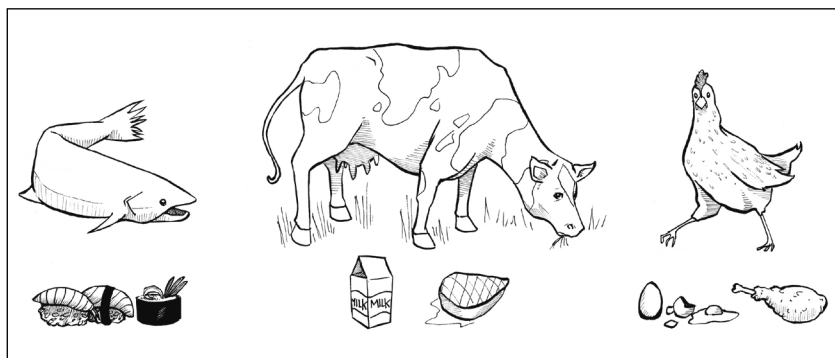


Figura I.12

Alcuni paesi, come l'India, hanno forti tradizioni culturali o religiose che promuovono il vegetarianismo, ma questa visione non è condivisa da gran parte del resto del mondo. Nelle culture occidentali, oltre il 90% delle popolazioni tende a mangiare carne di animali: questo significa che l'uso di animali come nutrimento è generalmente accettato da queste società.

Gli animali come compagnia

Un altro uso altamente diffuso degli animali è come compagni di vita. Gli animali domestici più comuni sono cani e gatti, seguiti da uccelli e pesci.

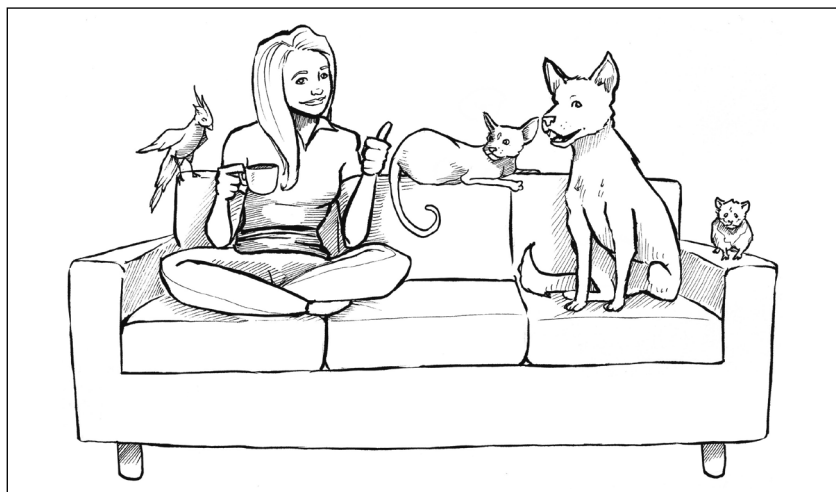


Figura I.13

Alcuni gruppi, come PETA, sostengono che l'avere animali domestici derivi dal nostro “desiderio egoistico di possedere animali e ricevere amore da loro” e che questo “causi sofferenze incommensurabili” agli animali stessi; questa non sembra essere una visione particolarmente diffusa. Anche chi non possiede animali domestici generalmente non ha problemi con cani e gatti, poiché con l'evoluzione si sono ampiamente trasformati rispetto ai loro antenati (il lupo e il gatto selvatico africano).

Considerato l'elevato numero di proprietari di animali domestici, si può presumere che la società accetti ragionevolmente l'uso di animali come compagnia.

Gli animali per il lavoro

Prima della rivoluzione industriale, che portò all'invenzione dei motori a vapore e a benzina, gran parte del lavoro pesante veniva svolto dagli animali, dai mulini a vento o dalle ruote idrauliche. Ancora oggi, cavalli e buoi sono attivamente utilizzati nelle fattorie e nei ranch di tutto il mondo. I cani sono utilizzati per la sicurezza e dalle forze dell'ordine (pensa ai cani da guardia, ai cani poliziotto e ai cani antidroga ai valichi di frontiera); sono inoltre di grande aiuto per le persone ipovedenti, e alcuni possono addirittura avvisare i proprietari affetti da epilessia quando è in arrivo un attacco. I cavalli consentono agli agenti di polizia di sfruttare un punto di osservazione più elevato e assicurano un'ampia manovrabilità in mezzo alla folla.

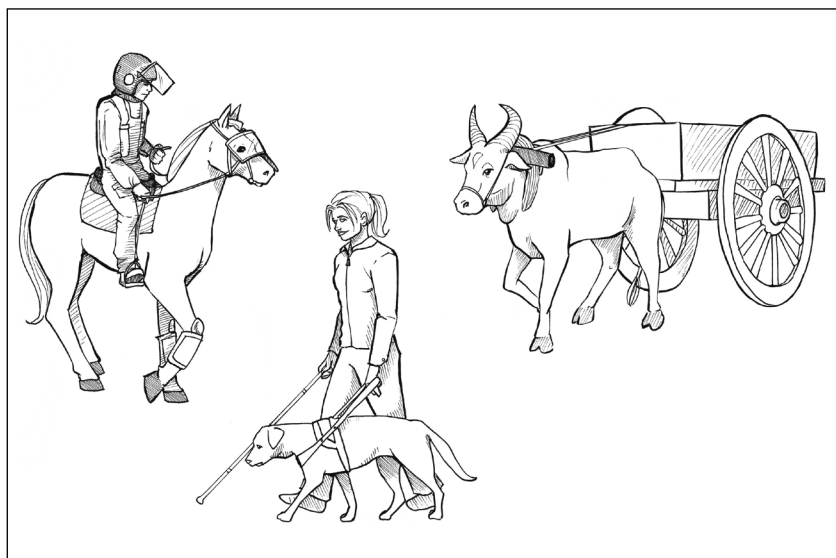


Figura I.14

Qualcuno potrebbe obiettare che questi animali non stanno veramente “lavorando”, poiché non hanno avuto scelta: dal momento che non è stato “chiesto” loro se avrebbero voluto lavorare, tale occupazione sembra ricordare il lavoro degli schiavi. Questa opinione non è condivisa dalla maggioranza della popolazione, che generalmente concorda sul fatto che, se gli animali sono ben nutriti, protetti e curati, il lavoro può essere un accordo reciprocamente vantaggioso per l’animale e l’uomo.

Gli animali per la ricerca

Gli animali sono ampiamente utilizzati anche nella ricerca e nelle indagini biomediche. Uno degli animali da ricerca più famosi fu Laika, il cane sovietico che divenne il primo animale a orbitare intorno alla Terra. Questi primi esperimenti spaziali con animali vennero condotti per verificare se un passeggero vivente potesse sopravvivere al lancio in orbita e sopportare l’ambiente microgravitazionale. I cani sono stati usati anche negli esperimenti di Pavlov sulla digestione, che hanno portato alla teoria del riflesso condizionato. I maiali e altri animali da fattoria sono spesso usati come sostituti degli esseri umani per testare i dispositivi medici; le scimmie vengono utilizzate quando si sperimentano nuovi vaccini e trattamenti per le malattie, poiché sono gli animali più somiglianti agli esseri umani.

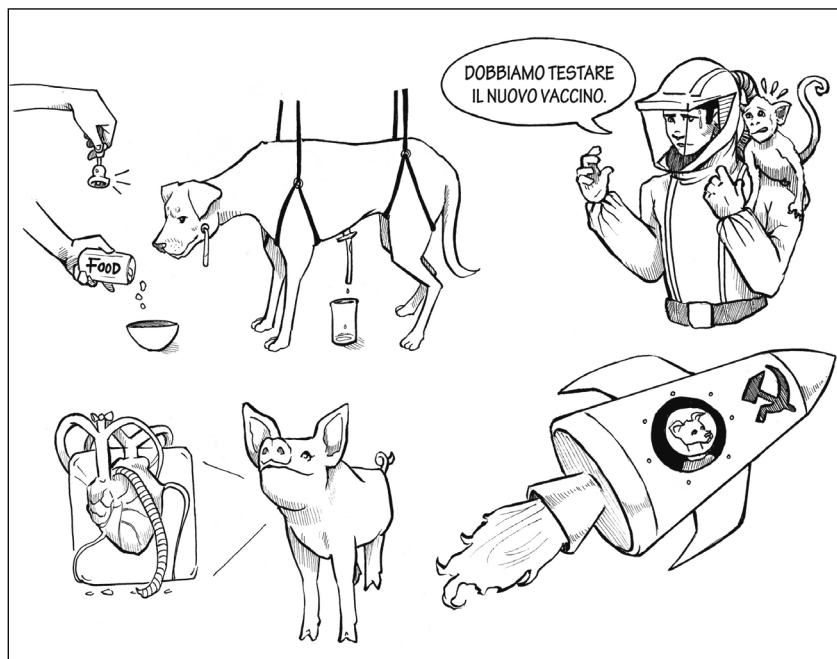


Figura I.15

La visione della società sull'uso degli animali per studiare la fisiologia umana e alleviare le affezioni umane rimane filosoficamente complicata. Alcuni ritengono fermamente che gli esperimenti sugli animali non dovrebbero mai essere eseguiti; molti pensano che si dovrebbe ricorrere agli animali solo in assenza di modelli alternativi e solo se la ricerca può andare a beneficio delle sofferenze umane. Considerate le complessità etiche, tutte le università e gli istituti di ricerca dispongono di comitati etici per la sperimentazione animale (in America chiamati IACUC, o Institutional Animal Care and Use Committees), i cui esperti esaminano e approvano, disapprovano o modificano tutti gli esperimenti proposti che coinvolgono l'uso di animali vertebrati.

Gli animali nell'istruzione

Vediamo infine l'etica relativa agli esperimenti presentati in questo libro che fanno uso degli animali per la didattica. Le lezioni di biologia degli ultimi cento anni hanno fatto ricorso ad animali conservati (rane e feti di maiali) per facilitare l'insegnamento della fisiologia e dell'anatomia.

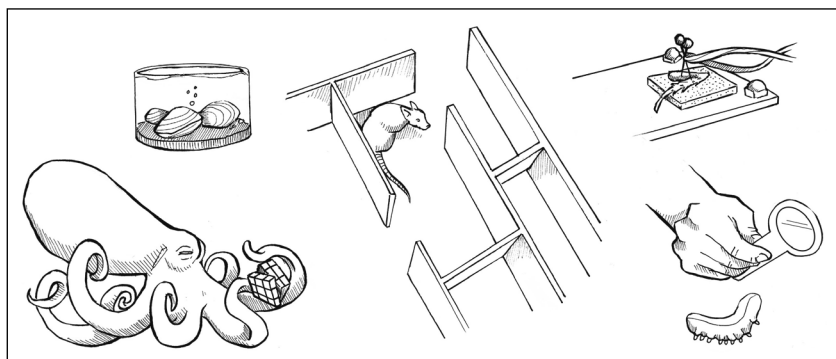


Figura I.16

Gli studenti delle scuole secondarie e delle università lavorano anche con soggetti vivi, svolgendo esperimenti che non causano danni all'animale: per esempio, per studiare l'apprendimento e la memoria vengono utilizzati i ratti, invitati a risolvere labirinti o puzzle meccanici per ottenere cibo; gli insetti sono usati per insegnare la metamorfosi e, in questo libro, sono utilizzati per spiegare il sistema nervoso.

Negli ultimi decenni è nato un movimento il cui obiettivo è quello di vietare l'uso degli animali nel campo dell'istruzione. Se alcune scuole hanno interrotto del tutto la pratica, molti ritengono che l'uso di animali abbia chiari scopi scientifici e formativi. Organizzazioni professionali come la National Science Teaching Association e la National Association of Biology Teachers sostengono l'uso degli animali nell'istruzione, poiché l'interazione con gli organismi è uno dei metodi più efficaci per raggiungere gli obiettivi formativi nel campo della biologia.

In questo libro, il sentimento generale dal punto di vista etico e legale invita gli studenti a non compiere esperimenti invasivi sui vertebrati. Ci limiteremo a utilizzare animali invertebrati (cioè senza spina dorsale, come gli insetti), in quanto generalmente hanno un sistema nervoso meno complesso e resistono meglio alle sperimentazioni. Nei nostri test sugli invertebrati, cercheremo di adottare dei "preparativi per la sopravvivenza" per garantire che l'animale, dopo l'esperimento, possa continuare a vivere un'esistenza normale, nutrendosi e riproducendosi. Quando progettiamo i nostri esperimenti sugli animali a fini di istruzione, cerchiamo di essere il meno invasivi possibile, di operare sull'animale "più semplice" possibile (ossia con la minima quantità di neuroni) e di ottenere il massimo effetto di apprendimento per lo studente.

Un quadro etico per l'utilizzo degli animali

Nello stabilire se sia etico o meno utilizzare gli animali in una determinata situazione, riteniamo che sia importante pensare al “rapporto costo-beneficio”, valutando qual è il costo per l'animale e raffrontandolo a quello che è il beneficio per la società. Non è un calcolo numerico, ma piuttosto un modello per il pensiero filosofico: il momento in cui il costo supera il beneficio è sempre soggettivo, ma consente di sviluppare una discussione ponderata sull'etica.

Per ciascuno degli usi degli animali sopra presentati, è possibile valutare il costo per l'animale in termini generali: per esempio, quando utilizziamo gli animali per il nutrimento e la ricerca scientifica, il costo per l'animale è molto alto, visto che è destinato a morire. Per gli animali domestici, il costo sembra essere piuttosto basso, mentre per gli animali utilizzati nel lavoro tale costo potrebbe variare tra basso e medio, a seconda del compito affidato alla bestia.

Anche il beneficio per la società può essere collocato su una scala. Gli esseri umani hanno bisogno di mangiare e gli animali forniscono molte calorie: il vantaggio è quindi elevato, anche se questa situazione potrà cambiare nel tempo (con gli sforzi in atto per produrre carne artificiale, usando piante o coltivando tessuto muscolare in laboratorio, potremmo un giorno decidere che il consumo di carne animale offre poco beneficio rispetto alle alternative). Il valore per gli esseri umani che possiedono animali domestici è alto; nella ricerca sugli animali, l'alleviamento della sofferenza umana assicura un grande beneficio alla società.

Possiamo quindi iniziare a discutere di ciò che è etico confrontando i due fattori, costo e beneficio. Per esempio, il possesso di un animale domestico assicura un alto valore agli esseri umani con un basso costo per l'animale: ecco perché possedere un animale domestico non è un uso molto controverso. La ricerca medica offre molti benefici, ma a costi elevati per l'animale: per questo, i comitati etici delle università e degli istituti di ricerca esaminano attentamente ogni procedura sperimentale per determinare se tali costi sono giustificati o se esiste un modo per sostituire, ridurre e perfezionare gli esperimenti sugli animali.

L'etica dell'uso degli animali in questo libro

Nello sviluppo di questo libro, abbiamo tenuto in considerazione questo quadro etico, valutando attentamente il costo per l'animale della nostra procedura sperimentale più comune, ossia la rimozione della

zampa di uno scarafaggio. Sappiamo che, in natura, le zampe o le antenne di un insetto vengono spesso a mancare; pertanto, l'animale ha sviluppato un modo per farle ricrescere. La zampa di uno scarafaggio può staccarsi facilmente (si ipotizza che sia un meccanismo di difesa nella situazione in cui l'animale viene afferrato da un predatore). Abbiamo così esaminato attentamente le nostre tecniche e abbiamo documentato gli alti tassi di sopravvivenza e di ricrescita delle zampe dello scarafaggio in un esperimento peer-reviewed:

- Marzullo, T. C. “Leg Regrowth in *Blaberus discoidalis* (Discoid Cockroach) following Limb Autotomy versus Limb Severance and Relevance to Neurophysiology Experiments”. *PLOS ONE*, 11, n. 1 (2016): e0146778. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0146778>.

Quindi, il costo per l'insetto sembra essere basso, considerati i tassi di sopravvivenza e recupero. Ma quali sono i benefici sociali dei nostri esperimenti educativi di neuroscienze? Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, a un certo punto della vita il 20% delle persone sarà affetto da un disturbo mentale o neurologico per il quale non sono disponibili cure. Per far progredire la comprensione dei disturbi neurologici è necessaria la ricerca neuroscientifica di base. La maggior parte delle persone non ha nemmeno un'idea di base di come funziona il cervello: vista la necessità di importanti ricerche neuroscientifiche da compiere in futuro e la necessità di istruire il pubblico sulle neuroscienze, riteniamo che il beneficio per la società sia elevato.

Considerato il basso costo per l'animale e l'elevato beneficio per la società, possiamo concludere che gli esperimenti presentati in questo libro sono etici. Qualcuno potrebbe avere opinioni diverse su questo argomento, quindi è sempre bene organizzare una discussione etica prima di usare gli animali in un ambiente scolastico.

Durante l'esecuzione delle tecniche chirurgiche mostrate in questo libro, ci assicuriamo di anestetizzare sempre gli animali. In realtà non sappiamo se gli insetti provano dolore durante le procedure, ma partiamo dal presupposto che lo facciano e cerchiamo perciò di ridurre al minimo il loro disagio. Non sappiamo nemmeno se l'insetto sente dolore quando si risveglia dopo l'intervento chirurgico, ma sappiamo che la ferita guarisce e che nell'arco di poche ore gli scarafaggi riprendono a muoversi, a mangiare lattuga, bere cristalli d'acqua e riprodursi: in sostanza, non agiscono né si comportano in modo diverso rispetto agli altri scarafaggi. Abbiamo istituito, e sollecitiamo gli scienziati dilettanti a fare altrettanto, un “pensionato” per gli scarafaggi che hanno donato una zampa o un'antenna per la scienza: questi animali, tra l'altro, possono facilmente produrre una prole destinata agli espe-

rimenti futuri. Consulta l'Appendice 1 per capire come ospitare i tuoi scarafaggi e prenderti cura di loro.

Concludiamo questa discussione con una nota per gli storici del futuro, che potrebbero imbattersi in questo libro mentre indagano sull'etica animale del XXI secolo. Al momento della stesura di questo libro, i nostri sistemi di intelligenza artificiale non hanno ancora padroneggiato la biologia. Attualmente non esiste un sostituto alla sperimentazione, non c'è un modello per sapere come funziona un sistema biologico o neurale complesso. Forse quel giorno arriverà, e noi accoglieremo prontamente il suo arrivo.