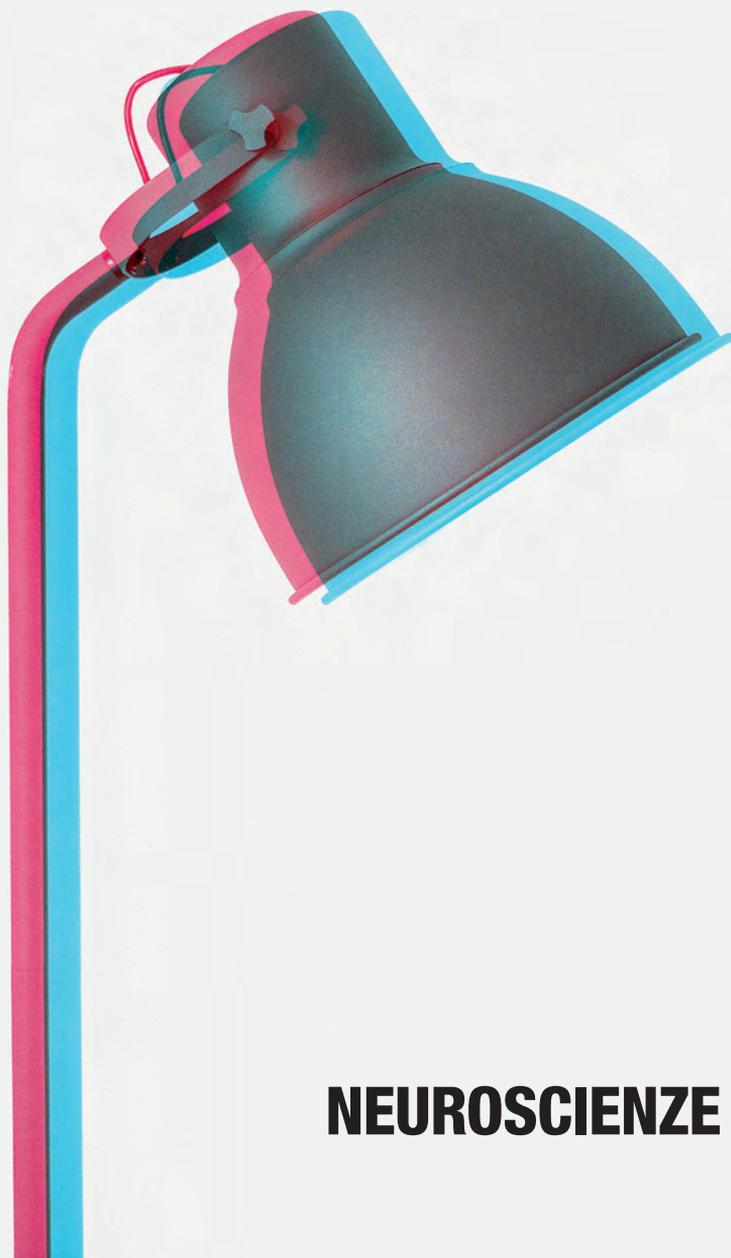


Michael S. Gazzaniga Richard B. Ivry
George R. Mangun

Neuroscienze cognitive

Terza edizione italiana condotta sulla quinta edizione americana

A cura di Alice Mado Proverbio e Alberto Zani



NEUROSCIENZE **ZANICHELLI**

Titolo originale: *Cognitive Neuroscience: The biology of the mind* 5th Edition
Copyright © 2019, 2014, 2009, 2002, 1998 by Michael S. Gazzaniga, Richard B. Ivry, George R. Mangun
Published by arrangement with W.W. Norton & Company, Inc. All rights reserved.

Traduzione: Roberta Adorni (capp. 4, 12), Alessandra Brusa (capp. 13, 14), Francesco De Benedetto (capp. 1, 10 e glossario), Mirella Manfredi (capp. 9, 11), Andrea Orlandi (capp. 2, 3, 8), Valentina Rossi (capp. 5, 6, 7).

Revisione: Alice Mado Proverbio e Alberto Zani

© 2021 Zanichelli editore S.p.A., via Irnerio 34, 40126 Bologna [32025]
www.zanichelli.it

I diritti di elaborazione in qualsiasi forma o opera, di memorizzazione anche digitale su supporti di qualsiasi tipo (inclusi magnetici e ottici), di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), i diritti di noleggio, di prestito e di traduzione sono riservati per tutti i paesi. L'acquisto della presente copia dell'opera non implica il trasferimento dei suddetti diritti né li esaurisce.

Le fotocopie per uso personale (cioè privato e individuale, con esclusione quindi di strumenti di uso collettivo) possono essere effettuate, nei limiti del 15% di ciascun volume, dietro pagamento alla S.I.A.E del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Tali fotocopie possono essere effettuate negli esercizi commerciali convenzionati S.I.A.E. o con altre modalità indicate da S.I.A.E. Per le riproduzioni ad uso non personale (ad esempio: professionale, economico, commerciale, strumenti di studio collettivi, come dispense e simili) l'editore potrà concedere a pagamento l'autorizzazione a riprodurre un numero di pagine non superiore al 15% delle pagine del presente volume.

Le richieste vanno inoltrate a:
Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali (CLEARedi),
Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano
e-mail: autorizzazioni@clearedi.org e sito web: www.clearedi.org

L'autorizzazione non è concessa per un limitato numero di opere di carattere didattico riprodotte nell'elenco che si trova all'indirizzo
<https://www.zanichelli.it/chi-siamo/fotocopie-e-permessi>

L'editore, per quanto di propria spettanza, considera rare le opere fuori del proprio catalogo editoriale. La loro fotocopia per i soli esemplari esistenti nelle biblioteche è consentita, oltre il limite del 15%, non essendo concorrenziale all'opera. Non possono considerarsi rare le opere di cui esiste, nel catalogo dell'editore, una successiva edizione, le opere presenti in cataloghi di altri editori o le opere antologiche. Nei contratti di cessione è esclusa, per biblioteche, istituti di istruzione, musei ed archivi, la facoltà di cui all'art. 71-ter legge diritto d'autore. Per permessi di riproduzione, anche digitali, diversi dalle fotocopie rivolgersi a: ufficiocontratti@zanichelli.it

Realizzazione editoriale e impaginazione: Epitesto, Milano

Copertina:

– *Progetto grafico:* Falcinelli & Co., Roma

– *Immagine di copertina:* © Jonny Caspari/Unsplash

Prima edizione italiana: 2005

Seconda edizione italiana: luglio 2015

Terza edizione italiana: giugno 2021

Ristampa: **prima tiratura**

5 4 3 2 1 2021 2022 2023 2024 2025

Realizzare un libro è un'operazione complessa, che richiede numerosi controlli: sul testo, sulle immagini e sulle relazioni che si stabiliscono tra essi.

L'esperienza suggerisce che è praticamente impossibile pubblicare un libro privo di errori. Saremo quindi grati ai lettori che vorranno segnalarceli.

Per segnalazioni o suggerimenti relativi a questo libro scrivere al seguente indirizzo:

Zanichelli editore S.p.A.
Via Irnerio 34
40126 Bologna
fax 051293322
e-mail: linea_universitaria@zanichelli.it
sito web: www.zanichelli.it

Prima di effettuare una segnalazione è possibile verificare se questa sia già stata inviata in precedenza, identificando il libro interessato all'interno del nostro catalogo online per l'Università.

Per comunicazioni di tipo commerciale: universita@zanichelli.it

Stampa:

per conto di Zanichelli editore S.p.A.
Via Irnerio 34, 40126 Bologna

Michael S. Gazzaniga Richard B. Ivry
George R. Mangun

Neuroscienze cognitive

Terza edizione italiana condotta sulla quinta edizione americana
A cura di Alice Mado Proverbio e Alberto Zani

NEUROSCIENZE **ZANICHELLI**

Autori

Michael S. Gazzaniga è il direttore del *Sage Center for the Study of the Mind* presso la *University of California, Santa Barbara*. Ha conseguito un dottorato di ricerca presso il *California Institute of Technology* nel 1964, dove ha lavorato con Roger Sperry ed è stato il principale responsabile dell'avvio degli studi sul cervello umano diviso. Ha svolto approfonditi studi sul comportamento e sulla cognizione sia nei primati non umani sia negli umani. Ha fondato il programma in Neuroscienze Cognitive presso la *Cornell Medical School*, il *Center for Cognitive Neuroscience* presso il *Dartmouth College* e il *Center for Neuroscience* presso la *University of California, Davis*. È l'editor fondatore del *Journal of Cognitive Neuroscience* e uno dei fondatori della *Cognitive Neuroscience Society*. Per vent'anni ha diretto il *Summer Institute in Cognitive Neuroscience* ed è Direttore Editoriale Capo del principale testo di riferimento, *The Cognitive Neurosciences*. Dal 2001 al 2009 è stato membro del *President's Council on Bioethics*. È membro dell'*American Academy of Arts and Sciences*, della *National Academy of Medicine* e della *National Academy of Sciences*.

Richard B. Ivry è professore di psicologia e neuroscienze presso la *University of California, Berkeley*. Ha conseguito il dottorato di ricerca presso la *University of Oregon* nel 1986, lavorando con Steven Keele a una serie di studi che hanno contribuito a portare i metodi delle neuroscienze cognitive nel settore di ricerca del controllo del movimento. Il suo

programma di ricerca si focalizza sulla prestazione umana, chiedendosi come le reti corticali e sottocorticali del cervello selezionino, avviino e controllino i movimenti. A Berkeley è stato per dieci anni direttore dell'*Institute of Cognitive and Brain Sciences* e membro fondatore dell'*Helen Wills Neuroscience Institute*. Dopo aver lavorato come Editor Associato per il *Journal of Cognitive Neuroscience* per 13 anni, ora è *Senior Editor* di *eLife*. I suoi risultati di ricerca sono stati insigniti di numerosi premi, tra cui il *Troland Award* della *National Academy of Sciences* e il *William James Fellow Award* alla carriera dell'*Association for Psychological Science*.

George R. Mangun è professore di psicologia e neurologia presso la *University of California, Davis*. Ha conseguito il dottorato in neuroscienze presso la *University of California, San Diego*, nel 1987, formandosi con Steven A. Hillyard in elettrofisiologia cognitiva umana. La sua ricerca indaga i meccanismi di attenzione cerebrale utilizzando l'imaging cerebrale multimodale. Ha fondato e diretto il *Center for Cognitive Neuroscience* presso la *Duke University* e il *Center for Mind and Brain* presso l'UC Davis, dove è stato anche Rettore per le Scienze sociali. È stato Editor della rivista *Cognitive Brain Research*, è stato membro (con Gazzaniga) del comitato fondatore della *Cognitive Neuroscience Society* ed è Editor Associato del *Journal of Cognitive Neuroscience*. È inoltre membro dell'*Association for Psychological Science* e dell'*American Association for the Advancement of Science*.

Indice dei capitoli

Parte I Background e metodi

- Capitolo 1** Breve storia delle neuroscienze cognitive 1
- Capitolo 2** Struttura e funzioni del sistema nervoso 21
- Capitolo 3** I metodi delle neuroscienze cognitive 73

Parte II Processi di base

- Capitolo 4** La specializzazione emisferica 129
- Capitolo 5** Sensazione e percezione 175
- Capitolo 6** Il riconoscimento degli oggetti 229
- Capitolo 7** L'attenzione 281
- Capitolo 8** L'azione 335
- Capitolo 9** La memoria 391
- Capitolo 10** Le emozioni 441
- Capitolo 11** Il linguaggio 491

Parte III Processi di controllo

- Capitolo 12** Il controllo cognitivo 533
- Capitolo 13** La cognizione sociale 587
- Capitolo 14** Il problema della coscienza 639

Prefazione

Benvenuti alla quinta edizione (terza italiana)! Quando le neuroscienze cognitive emersero alla fine degli anni '70, restava da vedere se questa nuova disciplina avrebbe effettivamente preso piede. Oggi la risposta appare chiara: questa disciplina si è affermata in modo spettacolare. Le neuroscienze cognitive sono ben rappresentate in tutte le università e i centri di ricerca, fornendo a ricercatori e studenti laureati gli strumenti e le opportunità per sviluppare i programmi di ricerca interdisciplinare che sono alla base di questo approccio. Sono state lanciate riviste, alcune progettate per coprire l'intero settore di ricerca e altre specializzate per particolari metodologie o temi di indagine, per fornire luoghi in cui riportare le ultime scoperte. Il numero di articoli aumenta a un ritmo esponenziale. Anche la *Cognitive Neuroscience Society* si è rinvigorita e ha appena festeggiato il suo 25° anno!

La sfida fondamentale che abbiamo dovuto affrontare nel gettare le basi per le nostre prime edizioni è stata quella di determinare i principi di base che distinguono le neuroscienze cognitive dalla psicologia fisiologica, dalle neuroscienze, dalla psicologia cognitiva e dalla neuropsicologia. È ora ovvio che le neuroscienze cognitive si sovrappongono e sintetizzano questi approcci disciplinari, poiché i ricercatori mirano a comprendere le basi neurali della cognizione. Inoltre, le neuroscienze cognitive informano e sono sempre più informate da discipline al di fuori del dibattito mente-cervello, per esempio la scienza dei sistemi e la fisica, come esemplificato dal nostro nuovo Capitolo 14 "Il problema della coscienza".

Come nelle precedenti edizioni, continuiamo a cercare un equilibrio tra le teorie psicologiche, con il loro focus sulla mente, e le evidenze neuropsicologiche e neuroscientifiche sul cervello che supportano queste teorie. Facciamo un ampio uso dei casi clinici di pazienti per illustrare i punti essenziali e le osservazioni che forniscono strumenti per comprendere l'architettura della cognizione, piuttosto che fornire una descrizione esaustiva dei disturbi cerebrali. In ogni paragrafo ci sforziamo di includere le informazioni e le opinioni teoriche più attuali, supportate da evidenze tecnologiche d'avanguardia che sono una forza trainante nelle neuroscienze cognitive. In contrasto con gli approcci puramente cognitivi o neuropsicologici, questo testo sottolinea temi su cui vi è una convergenza di prove, che è un aspetto cruciale per qualsiasi scienza e in particolare per gli studi sulle funzioni mentali superiori. Per completare il

quadro, forniamo anche esempi di ricerche che si avvalgono di tecniche computazionali.

Uno degli obiettivi principali del nostro testo è insegnare agli studenti a pensare e a porsi domande come fanno i neuroscienziati cognitivi. In qualità di neuroscienziati cognitivi, esaminiamo i rapporti tra mente-cervello utilizzando un'ampia gamma di tecniche, come l'imaging cerebrale funzionale e strutturale, la registrazione neurofisiologica negli animali, la registrazione di EEG e MEG negli esseri umani, metodi di stimolazione cerebrale e l'osservazione di sindromi cliniche derivanti da danno cerebrale. Evidenziamo i punti di forza e di debolezza di questi metodi per dimostrare come queste tecniche debbano essere utilizzate in modo complementare.

Vogliamo che i nostri lettori imparino quali domande porsi, come scegliere gli strumenti d'indagine e progettare esperimenti per rispondere a queste domande, e come valutare e interpretare i risultati di quegli esperimenti. Nonostante gli straordinari progressi delle neuroscienze, il cervello rimane un grande mistero, con ogni intuizione che ispira nuove domande irrisolte. Per questo motivo, nel libro non abbiamo utilizzato uno stile di scrittura dichiarativo, tendiamo a presentare risultati che possono essere interpretati in più di un modo, aiutando il lettore a riconoscere che sono possibili interpretazioni alternative.

Rispetto alla prima edizione, hanno avuto luogo molti e rilevanti sviluppi tecnologici, metodologici e teorici. C'è stata un'esplosione di studi di imaging cerebrale; anzi, ogni anno vengono pubblicati migliaia di studi di neuroimmagine funzionale. Inoltre, nuove tecnologie utilizzate per la stimolazione cerebrale non invasiva, la spettroscopia di risonanza magnetica, l'elettrocorticografia e l'optogenetica si sono aggiunte all'arsenale del neuroscienziato cognitivo. Sono emersi collegamenti affascinanti con la genetica, l'anatomia comparata, il calcolo e la robotica. Analizzare tutti questi studi e decidere quali includere nel volume è stata una grande sfida per noi. Crediamo fermamente che la tecnologia sia una pietra angolare del progresso scientifico. Pertanto, abbiamo ritenuto essenziale cogliere le tendenze all'avanguardia in questo settore, tenendo presente che si tratta di un testo universitario.

Le edizioni precedenti forniscono una prova convincente che i nostri sforzi hanno portato a un testo molto utile per i laureandi che frequentano il loro primo corso in Neuroscienze cognitive, nonché di riferimento per stu-

denti laureati e ricercatori. Oltre 500 college e università in tutto il mondo hanno adottato questo testo. Inoltre, i docenti ci dicono che, oltre al nostro approccio interdisciplinare, gradiscono particolarmente la forte voce narrativa e il numero gestibile di capitoli per un corso della durata di un semestre.

Per questa edizione, come per le precedenti, abbiamo dovuto effettuare alcuni tagli e un'opera consistente di ag-

giornamento, per rimanere al passo con i principali sviluppi nel settore delle neuroscienze cognitive.

Abbiamo ritenuto essenziale includere nuovi metodi e, di conseguenza, citare le nuove scoperte sulle funzioni del cervello offerte da questi strumenti, operando al contempo una selezione nel descrivere specifici risultati sperimentali. La seguente tabella elenca le principali modifiche apportate a ogni capitolo.

Capitolo	Cambiamenti in questa edizione
1. Breve storia delle neuroscienze cognitive	Ampliata la discussione sul salto teorico compiuto dai primi filosofi greci che ha permesso il progresso scientifico. Aggiunta la discussione sul monismo contro il dualismo e il problema mente-cervello.
2. Struttura e funzioni del sistema nervoso	Aggiunta la discussione su neurotrasmettitori specifici. Aggiunta la discussione su circuiti, reti e sistemi neurali. Ampliata la discussione sulla corteccia dal punto di vista dei sottotipi funzionali. Aggiunta la discussione sulla neurogenesi per tutta la durata della vita.
3. I metodi delle neuroscienze cognitive	Aggiornata la discussione sui metodi di stimolazione diretta e indiretta utilizzati nell'indagine delle funzioni cerebrali e come strumento per la riabilitazione. Ampliata la discussione sull'elettrocorticografia. Aggiunta la discussione di nuovi metodi per analizzare i dati fMRI, comprese le misure di connettività. Aggiunto il paragrafo sulla spettroscopia di risonanza magnetica.
4. La specializzazione emisferica	Estesa la trattazione del problema del cross-cuing durante la valutazione delle prestazioni dei pazienti con cervello diviso. Aggiunta la discussione sui diversi modelli di connettività funzionale nell'emisfero destro e sinistro. Aggiunta la discussione sui modelli atipici di lateralizzazione emisferica. Ampliato il paragrafo sulla modularità.
5. Sensazione e percezione	Aggiunto il paragrafo sull'olfatto, il pianto e l'arousal sessuale. Aggiunta la rassegna di nuovi concetti riguardanti le mappe gustative nella corteccia. Ampliato il paragrafo sulla riorganizzazione percettiva e corticale dopo una perdita sensoriale. Aggiunto il paragrafo sugli impianti cocleari.
6. Il riconoscimento degli oggetti	Aggiunto il paragrafo sulla decodifica del contenuto percettivo dei sogni. Aggiunta la discussione sui network neurali profondi usati come modello dell'organizzazione gerarchica dell'elaborazione visiva. Aggiunto il paragrafo sui meccanismi di feedback nel riconoscimento degli oggetti. Esteso il paragrafo sulla specificità di categoria.
7. L'attenzione	Estesa la discussione sulle oscillazioni neurali, sulla sincronia neurale e sull'attenzione. Aggiornata la discussione sui contributi del pulvinar alla modulazione e al controllo attenzionale.
8. L'azione	Estesa la discussione sul recupero dall'ictus. Aggiornato il testo sulle più recenti scoperte della ricerca sui sistemi di interfaccia cervello-macchina. Aggiornata la discussione sulla stimolazione cerebrale profonda e il morbo di Parkinson. Aggiunta la discussione sui contributi della corteccia e della sottocorteccia alle abilità motorie.
9. La memoria	Aggiunto un breve paragrafo sulle demenze. Aggiunta la discussione sul contributo dei circuiti dei gangli corticobasali alla memoria procedurale. Estesa la discussione sul priming e l'amnesia. Aggiornata la discussione sull'attività della corteccia frontale e sulla formazione della memoria. Aggiunto un breve paragrafo sull'apprendimento durante il sonno. Aggiornata la discussione su un'inattesa scoperta relativa ai meccanismi cellulari dell'immagazzinamento della memoria.

(continua)

Capitolo	Cambiamenti in questa edizione
10. Le emozioni	<p>Aggiunto il paragrafo sull'asse ipotalamo-ipofisi-surrene.</p> <p>Aggiunta la discussione sul disaccordo teorico tra i ricercatori sulle emozioni umane e quelle animali non umane.</p> <p>Aggiunta una breve discussione sul ruolo della zona grigia periacqueduttale nelle emozioni.</p> <p>Aggiornata la discussione sulle emozioni e sulla presa di decisioni.</p>
11. Il linguaggio	<p>Aggiunta una breve descrizione della mappatura dei sintomi della lesione basata sul connettoma nei pazienti afasici.</p> <p>Aggiunto il paragrafo sul controllo del feedback e sulla produzione dell'eloquio.</p> <p>Aggiornata la discussione sull'evoluzione del linguaggio nei primati.</p> <p>Aggiunta l'indagine sulle modalità con cui il cervello rappresenta l'informazione semantica.</p>
12. Il controllo cognitivo	<p>Aggiunto il paragrafo sulle problematiche del controllo cognitivo associate ai disturbi neuropsichiatrici.</p> <p>Estesa la discussione sui processi di decisione e sui segnali di ricompensa del cervello.</p> <p>Aggiunto il paragrafo sull'addestramento del cervello al miglioramento del controllo cognitivo.</p>
13. La cognizione sociale	<p>Aggiunto un breve paragrafo sullo sviluppo della cognizione sociale.</p> <p>Aggiunta una breve discussione sull'isolamento sociale.</p> <p>Aggiornato il paragrafo sullo spettro dei disturbi autistici.</p> <p>Aggiornata la discussione sulla rete di default e sulla cognizione sociale.</p> <p>Aggiunto il paragrafo sull'incarnazione e le illusioni corporee visive, oltretutto sul disturbo dell'identità dell'integrità corporea.</p>
14. Il problema della coscienza	<p>Aggiunto il paragrafo sui livelli di arousal.</p> <p>Aggiunto il paragrafo sull'architettura stratificata dei sistemi complessi.</p> <p>Aggiunta la discussione sul confronto tra la senienza e il contenuto dell'esperienza cosciente.</p> <p>Aggiunta la discussione sul principio di complementarità in fisica e sulla modalità con cui può essere applicato all'indagine del problema mente-cervello.</p>

Ispirati dal feedback di coloro che hanno adottato questo volume, abbiamo reso il testo ancora più facile da usare e più focalizzato sui punti chiave da ricordare. In particolare, abbiamo reso più accessibile questa nuova edizione nei seguenti modi.

- Ciascun capitolo ha ora inizio con una serie di “Grandi interrogativi” per inquadrare i temi chiave del capitolo.
- Le storie introduttive sono state accorciate ma molte illustrano studi su singoli casi di pazienti per attirare l'attenzione degli studenti.
- I Capitoli dal 4 al 14 sono introdotti da disegni di “Orientamento anatomico” relativi alla struttura del cervello a cui verrà fatto riferimento nelle pagine che seguono.
- I titoli dei paragrafi principali sono stati numerati per una più facile assegnazione. Ciascun paragrafo termina con un elenco puntato di “Concetti fondamentali da ricordare”.

- Le didascalie delle figure sono state rese più brevi e più focalizzate sul punto centrale di insegnamento.
- Due nuovi tipi di riquadri (“Lezioni dalla clinica” e “Temi caldi della scienza”) illustrano esempi clinici e di ricerca nelle neuroscienze cognitive.

Il libro è il risultato di un lavoro dinamico e impegnativo di confronto tra noi tre autori, accompagnato da estese discussioni con i nostri colleghi, i nostri studenti e i nostri recensori. Il prodotto ha beneficiato enormemente di queste interazioni. Naturalmente, siamo pronti a modificare e migliorare sia parte sia tutto il nostro lavoro. Nelle nostre precedenti edizioni abbiamo chiesto ai lettori di contattarci con suggerimenti e domande, e lo ribadiamo ancora. Viviamo in un'era in cui l'interazione è facile e veloce. Potete trovarci ai seguenti recapiti di e-mail: gazzaniga@ucsb.edu; mangun@ucdavis.edu; ivry@berkeley.edu.

Buona lettura e buon apprendimento!

Indice generale

1 Breve storia delle neuroscienze cognitive	1
1.1 Una prospettiva storica	3
1.2 La storia del cervello	5
Riquadro 1.1 ■ Lezioni dalla clinica	
Andamento a singhiozzo	7
1.3 La storia della psicologia	10
1.4 Gli strumenti delle neuroscienze	14
■ L'elettroencefalografia	14
■ La misurazione del flusso sanguigno nel cervello	14
■ La tomografia assiale computerizzata	15
■ La tomografia a emissione di positroni e i traccianti radioattivi	16
■ La visualizzazione mediante risonanza magnetica	17
■ La visualizzazione mediante risonanza magnetica funzionale	17
1.5 Il libro che tenete in mano	19
Parole chiave	20
Spunti di riflessione	20
Lecture consigliate	20
2 Struttura e funzioni del sistema nervoso	21
2.1 Le cellule del sistema nervoso	23
■ Le cellule gliali	23
■ I neuroni	24
■ L'elaborazione dei segnali neuronali	26
2.2 La trasmissione sinaptica	33
■ Trasmissione chimica	33
■ Trasmissione elettrica	38
2.3 Una panoramica della struttura del sistema nervoso	39
■ Il sistema nervoso autonomo	40
■ Il sistema nervoso centrale	41
■ L'approvvigionamento di sangue e il cervello	42
Riquadro 2.1 ■ Gli strumenti delle neuroscienze cognitive	
Navigando nel cervello	43
2.4 Un tour guidato nel cervello	45
■ Il midollo spinale	45
■ Il tronco encefalico: midollo allungato, ponte, cervelletto e mesencefalo	46
■ Il diencefalo: talamo e ipotalamo	48
■ Il telencefalo: cervello	50
2.5 La corteccia cerebrale	52
■ Suddivisione della corteccia in base alle caratteristiche della superficie	53
■ Suddivisione della corteccia in base all'architettura cellulare	54
■ Suddivisione della corteccia in base alla funzione	56
Riquadro 2.2 ■ Lezioni dalla clinica	
Topografia della corteccia	59
2.6 Connessione delle componenti del cervello in sistemi	62
2.7 Lo sviluppo del sistema nervoso	64
■ Una panoramica generale dello sviluppo precoce	64
■ Il cervello del neonato	67
■ Produzione di nuovi neuroni nel corso dell'esistenza	68
Parole chiave	70
Spunti di riflessione	71
Lecture consigliate	71
3 I metodi delle neuroscienze cognitive	73
3.1 Psicologia cognitiva e metodi comportamentali	75
■ Rappresentazioni mentali	75
■ Trasformazioni interne	77
■ Limiti dei processi di elaborazione delle informazioni	78
3.2 Lo studio dei danni cerebrali	80
■ Cause dei disturbi neurologici	80
■ Studio delle relazioni tra cervello e comportamento conseguenti a distruzioni del tessuto neurale	84
Riquadro 3.1 ■ Gli strumenti delle neuroscienze cognitive	
Dissociazioni semplici e doppie	85
3.3 Metodi per perturbare le funzioni neurali	86
■ Farmacologia	86
■ Manipolazioni genetiche	88
Riquadro 3.2 ■ Lezioni dalla clinica	
Dimensione del cervello → PTSD o PTSD → Dimensione del cervello?	89
■ Metodi invasivi di stimolazione	90
■ Metodi di stimolazione non invasivi	91

3.4 Analisi strutturale del cervello	95	4.5 Evidenze riguardanti le funzioni cerebrali lateralizzate derivate dal cervello normale o patologico	163
■ Visualizzazione dell'anatomia macroscopica del cervello	95	Riquadro 4.2 ■ Lezioni dalla clinica	163
■ Visualizzazione della connettività funzionale del cervello	96	L'idea del Maine	163
3.5 Metodi per misurare l'attività neurale	98	■ Il mappaggio della connettività anatomica e funzionale	164
■ Registrazione dell'attività di singole cellule in animali	98	■ Anomalie nella lateralizzazione emisferica	165
■ Neurofisiologia invasiva negli esseri umani	100	4.6 La base evoluzionistica della specializzazione emisferica	166
■ Registrazione non invasiva dell'attività elettrica neurale	102	■ Specializzazione emisferica negli animali diversi dall'uomo	166
3.6 L'abbinamento di funzione e struttura: le neuroimmagini	107	■ L'architettura modulare del cervello	168
■ Tomografia a emissione di positroni	107	■ Specializzazione emisferica: una dicotomia funzionale o una diversità nello stile?	170
■ Visualizzazione mediante risonanza magnetica funzionale	109	■ Esiste una connessione fra lateralità manuale e dominanza dell'emisfero sinistro nei processi del linguaggio?	171
■ Limiti delle tecniche di neuroimmagine funzionale	113	Parole chiave	174
3.7 Mappe della connettività	115	Spunti di riflessione	174
3.8 Neuroscienze computazionali	120	Lecture consigliate	174
■ Le rappresentazioni nei modelli al computer	121	5 Sensazione e percezione	175
■ I modelli portano a formulare previsioni passibili di verifica sperimentale	121	5.1 Sensi, sensazione e percezione	176
3.9 Metodi convergenti	122	■ Elaborazione condivisa fra i diversi sensi	177
Parole chiave	127	■ I recettori sensoriali	178
Spunti di riflessione	127	■ Somiglianze connettive	179
Lecture consigliate	127	5.2 Olfatto	180
4 La specializzazione emisferica	129	■ Vie neurali dell'olfatto	180
4.1 Correlati anatomici della specializzazione emisferica	131	■ Il ruolo dell'annusamento	181
■ Asimmetrie anatomiche macroscopiche	131	■ Questione di fiuto	182
Riquadro 4.1 ■ Gli strumenti delle neuroscienze cognitive	132	5.3 Gusto	183
Il test di Wada	132	■ Vie neurali del gusto	183
■ Asimmetrie anatomiche microscopiche	134	■ Elaborazione gustativa	184
■ Anatomia della comunicazione: il corpo calloso e le commissure	135	■ Mappe gustotopiche	186
■ Funzioni del corpo calloso	138	5.4 Somatosensazione	187
4.2 Divisione del cervello: disconnessione corticale	140	■ Vie neurali della somatosensazione	187
■ L'intervento chirurgico negli esseri umani	140	■ Elaborazione somatosensoriale	188
■ Considerazioni metodologiche nello studio dei pazienti con il cervello diviso	141	■ Plasticità nella corteccia somatosensoriale	189
■ Conseguenze funzionali della separazione chirurgica degli emisferi	143	Riquadro 5.1 ■ Lezioni dalla clinica	191
4.3 Evidenza della lateralizzazione delle funzioni cerebrali nei pazienti con il cervello diviso	145	La mano invisibile	191
■ Linguaggio ed eloquio	145	5.5 Udito	192
■ Elaborazione visuospatiale	147	■ Vie neurali dell'udito	192
■ Interazioni tra attenzione e percezione	150	■ Corteccia uditiva	193
■ Teoria della mente	156	■ Obiettivi computazionali nell'udito	194
4.4 L'interprete	158	5.6 Visione	197
		■ Vie neurali della visione	198
		■ La corteccia visiva	200
		5.7 Dalla sensazione alla percezione	208
		■ Dove si formano i percetti?	208
		■ Deficit della percezione visiva	210
		5.8 Percezione multimodale: vedo cosa stai dicendo	215

■ Come avviene l'elaborazione multimodale?	215	6.5 Deficit nel riconoscimento degli oggetti	266
■ Dove avviene l'elaborazione multimodale?	215	■ Sottotipi di agnosia visiva	266
■ Errori nell'elaborazione multimodale: la sinestesia	217	■ Teorie organizzative della specificità categoriale degli oggetti	269
5.9 Riorganizzazione percettiva	219	■ La specificità per categoria ha origine nello sviluppo	272
■ Sviluppo dei sistemi sensoriali	219	6.6 La prosopagnosia consiste nell'incapacità di riconoscere i volti	273
■ Riorganizzazione percettiva derivante da perdite sensoriali precoci	220	■ Disordini evolutivi che comportano deficit di riconoscimento dei volti	273
■ Riorganizzazione corticale in intervalli di tempo più brevi	222	■ Spiegazioni della prosopagnosia basate sui processi di elaborazione	276
■ Meccanismi di riorganizzazione corticale	223	Parole chiave	279
5.10 Ingegneria compensativa	225	Spunti di riflessione	280
■ Impianti cocleari	225	Letture consigliate	280
■ Impianti retinici	226		
Riquadro 5.2 ■ Temi caldi della scienza Topi non troppo ciechi	227	7 L'attenzione	281
Parole chiave	228	7.1 Attenzione selettiva e anatomia dell'attenzione	283
Spunti di riflessione	228	7.2 La neuropsicologia dell'attenzione	285
Letture consigliate	228	■ Negligenza spaziale unilaterale	285
		■ Confronto tra eminegligenza e sindrome di Bálint	288
6 Il riconoscimento degli oggetti	229	7.3 Modelli dell'attenzione	289
6.1 Problemi computazionali nel riconoscimento degli oggetti	231	■ Hermann von Helmholtz e l'attenzione implicita	289
6.2 Le molteplici vie della percezione visiva	233	■ L'effetto del cocktail party	290
■ Le vie del "cosa" e del "dove"	233	■ Modelli della selezione precoce e della selezione tardiva	292
■ Differenze rappresentazionali tra la via dorsale e la via ventrale	235	■ La quantificazione del ruolo dell'attenzione nella percezione	292
■ Percezione legata all'identificazione rispetto a quella legata all'azione	236	7.4 I meccanismi neurali dell'attenzione e della selezione percettiva	295
Riquadro 6.1 ■ Lezioni dalla clinica Il giorno in cui la musica morì	237	■ Attenzione visuospatiale volontaria	295
6.3 Vedere forme e percepire oggetti	240	■ L'attenzione visuospatiale riflessa	304
■ Codifica della forma	240	■ La ricerca visiva	306
■ Dalle forme agli oggetti	243	■ L'attenzione per le caratteristiche	309
■ Cellule della nonna e codifica d'insieme	244	■ L'attenzione per gli oggetti	312
■ Sfruttare il potere computazionale delle reti neurali	246	7.5 Le reti del controllo attentivo	318
■ Effetti top-down nel riconoscimento degli oggetti	249	■ La rete attentiva dorsale	318
■ La lettura del pensiero: codifica e decodifica dei segnali cerebrali	250	Riquadro 7.1 ■ Temi caldi della scienza Un cappello pensatore?	323
6.4 Specificità per il riconoscimento di oggetti nelle aree visive di ordine superiore	256	■ La rete attentiva ventrale	326
■ L'elaborazione dei volti è speciale?	256	■ Componenti sottocorticali delle reti di controllo attentivo	327
Riquadro 6.2 ■ Temi caldi della scienza Un futuro pazzesco e selvaggio per la lettura del pensiero	256	Parole chiave	333
■ Un'immersione nel riconoscimento dei volti	261	Spunti di riflessione	333
■ Il sistema visivo contiene altri sistemi categoria-specifici?	262	Letture consigliate	333
■ Testare la causalità	263	8 L'azione	335
		8.1 L'anatomia e il controllo delle strutture motorie	338
		■ Muscoli, motoneuroni e midollo spinale	339

■ Strutture motorie sottocorticali	340	■ Chirurgia cerebrale e perdita della memoria	395
■ Regioni corticali coinvolte nel controllo motorio	342	■ Le demenze	396
8.2 Problematiche computazionali nel controllo motorio	346	9.3 Meccanismi della memoria	397
■ Generatori centrali di pattern	347	■ Forme di memoria a breve termine	397
■ Rappresentazione centrale dei programmi motori	348	■ Forme di memoria a lungo termine	402
■ Rappresentazione gerarchica delle sequenze di azioni	349	9.4 Il sistema di memoria del lobo temporale mediale	409
8.3 Analisi fisiologica delle vie motorie	350	■ Evidenze dall'amnesia	409
■ Codifica neurale del movimento	351	■ Evidenze da animali con lesioni del lobo temporale mediale	413
■ Prospettive alternative sulla rappresentazione neurale del movimento	352	9.5 Distinzione dei sistemi di memoria umana con l'imaging	417
8.4 Selezione dell'obiettivo e programmazione dell'azione	356	■ Ricordo e riconoscimento: due sistemi	417
■ Obiettivi dell'azione e programmi di movimento	356	■ Immagazzinamento e recupero della memoria a lungo termine	422
■ Variazioni nella rappresentazione attraverso le aree motorie della corteccia	358	■ Codifica, recupero e corteccia frontale	425
8.5 Associazione tra azione e percezione	362	■ Recupero e corteccia parietale	427
8.6 Recuperare la perdita della mobilità	364	9.6 Consolidamento della memoria	430
■ Riacquistare il movimento dopo la perdita della corteccia motoria	364	■ Consolidamento e ippocampo	430
■ Interfaccia cervello-macchina	366	■ Sonno e consolidamento della memoria	431
8.7 Avvio del movimento e gangli della base	371	■ Stress e consolidamento della memoria	432
■ I gangli della base come guardiani	372	9.7 Basi cellulari dell'apprendimento e della memoria	433
■ I gangli della base e l'apprendimento	373	■ Potenziamiento a lungo termine e ippocampo	433
■ Disordini dei gangli della base	374	Riquadro 9.1 ■ Temi caldi della scienza So che sei lì dentro!	435
■ Stimolazione diretta dei gangli della base	376	■ Potenziamiento a lungo termine e prestazione mnemonica	437
8.8 Apprendere ed eseguire nuove abilità	378	Parole chiave	438
■ Modificazioni nel controllo corticale in seguito all'apprendimento	378	Spunti di riflessione	439
■ Apprendimento adattivo attraverso il feedback sensoriale	379	Letture consigliate	439
■ Meccanismi neurali dell'adattamento	380	10 Le emozioni	441
■ Apprendimento basato su errori attraverso modelli previsionali (<i>forward models</i>)	382	10.1 Che cos'è un'emozione?	443
■ Abilità	384	Riquadro 10.1 ■ Temi caldi della scienza Lo stress tecnologico	445
Riquadro 8.1 ■ Temi caldi della scienza Curiosando nel cervelletto	384	10.2 Sistemi neurali coinvolti nell'elaborazione delle emozioni	446
Parole chiave	389	■ Cenni storici: il sistema limbico come cervello emotivo	446
Spunti di riflessione	389	■ L'emergere del concetto di rete emozionale	447
Letture consigliate	389	10.3 Categorizzazione delle emozioni	449
9 La memoria	391	■ Emozioni di base	449
9.1 Apprendimento e memoria: l'anatomia associata	393	■ Emozioni complesse	452
9.2 I deficit di memoria: l'amnesia	395	■ Teorie dimensionali delle emozioni	453
		10.4 Teorie sulla generazione delle emozioni	454
		■ La teoria delle emozioni di James-Lange	454
		■ La teoria delle emozioni di Cannon-Bard	455
		■ La teoria della valutazione delle emozioni	455

■ La teoria di Singer-Schachter: la valutazione cognitiva dell'arousal	456	11.3 Comprensione del linguaggio: fasi precoci	505
■ La via lenta e la via veloce di LeDoux	456	■ Input orale: la comprensione del linguaggio parlato	506
■ L'approccio della psicologia evoluzionista alle emozioni	456	■ Input scritto: leggere le parole	510
■ La teoria del processamento gerarchico delle emozioni di Panksepp	457	11.4 Comprensione linguistica: fasi successive	514
■ Anderson e Adolphs: le emozioni come stati causali centrali	457	■ Ruolo del contesto nel riconoscimento delle parole	514
10.5 L'amigdala	458	■ Integrazione delle parole in frasi	515
10.6 L'influenza delle emozioni sull'apprendimento	460	■ Elaborazione semantica e onda N400	516
■ Apprendimento emotivo implicito	460	■ Elaborazione sintattica e onda P600	518
■ Apprendimento emotivo esplicito	464	11.5 Modelli neurali di comprensione del linguaggio	521
10.7 L'interazione tra le emozioni e altri processi cognitivi	469	■ Rete del sistema linguistico perisilviano dell'emisfero sinistro	522
■ L'influenza delle emozioni sulla percezione e sull'attenzione	469	11.6 Modelli neurali di produzione linguistica	523
■ Emozioni e processi decisionali	471	■ Controllo motorio e produzione linguistica	523
10.8 Emozioni e stimoli sociali	475	■ Modelli psicolinguistici per la produzione linguistica	524
■ Le espressioni facciali	475	■ I substrati neurali della produzione linguistica	525
■ Al di là del volto	477	11.7 Evoluzione del linguaggio	526
■ Valutazione sociale del gruppo	477	■ Intenzionalità condivisa	526
10.9 Altre aree, altre emozioni	480	■ Gestì e comunicazione	527
■ La corteccia insulare	480	■ Dominanza e specializzazione dell'emisfero sinistro	529
■ Disgusto	481	Parole chiave	530
■ Felicità	481	Spunti di riflessione	531
■ Amore	483	Lecture consigliate	531
10.10 "Cerca di controllarti!" ovvero: il controllo cognitivo delle emozioni	484	12 Il controllo cognitivo	533
Parole chiave	488	12.1 L'anatomia alla base del controllo cognitivo	535
Spunti di riflessione	488	12.2 Deficit nel controllo cognitivo	536
Lecture consigliate	489	12.3 Comportamento orientato allo scopo	538
11 Il linguaggio	491	■ Il controllo cognitivo richiede memoria di lavoro	539
11.1 Anatomia del linguaggio e deficit del linguaggio	493	■ La corteccia prefrontale è necessaria alla memoria di lavoro ma non a quella associativa	539
Riquadro 11.1 ■ Gli strumenti delle neuroscienze cognitive		■ Correlati fisiologici della memoria di lavoro	540
Mappatura del cervello umano per stimolazione elettrica diretta	494	■ Principi organizzativi della corteccia prefrontale	543
■ Danno cerebrale e deficit linguistici	495	12.4 Processi decisionali	546
Riquadro 11.2 ■ Lezioni dalla clinica		■ Vale la pena? Valore e processi decisionali	547
Le basi genetiche del linguaggio	496	■ Quanti tipi di sistemi decisionali?	550
■ Il modello Wernicke-Lichtheim del cervello e del linguaggio	498	■ Attività dopaminergica ed elaborazione della ricompensa	553
11.2 Basi del linguaggio nel cervello umano	499	■ Teorie alternative sull'attività dopaminergica	558
■ Organizzazione del lessico mentale	500	12.5 Pianificazione degli scopi: rimanere centrati sul compito	559
■ Modelli del lessico mentale	500	■ Recupero e selezione delle informazioni rilevanti per il compito	561
■ Substrati neurali del lessico mentale	501	■ Multitasking (compiti multipli)	562
Riquadro 11.3 ■ Temi caldi della scienza			
Mappe semantiche nel cervello	502		

■ Costi e benefici della selezione basata sullo scopo	563	■ I neuroni specchio negli ASD	627
12.6 Meccanismi di selezione basata su un obiettivo	566	13.9 Conoscenza sociale	630
■ Corteccia prefrontale e modulazione dell'elaborazione	568	■ Rappresentazioni della conoscenza sociale	631
■ Inibizione dell'azione	570	■ L'utilizzo della conoscenza sociale per prendere decisioni	632
■ Incrementare il controllo cognitivo tramite il <i>brain training</i> (allenamento del cervello)	572	■ Identificare la violazione di contratti sociali	635
Riquadro 12.1 ■ Temi caldi della scienza I nonni e le nonne dovrebbero iniziare a giocare?	573	■ Decisioni morali	636
12.7 Controllo dell'efficacia del comportamento orientato allo scopo	575	Parole chiave	638
■ La corteccia frontale mediale come sistema di monitoraggio	576	Spunti di riflessione	638
■ Corteccia frontale mediale e monitoraggio del circuito cognitivo di controllo	576	Lecture consigliate	638
Parole chiave	585	14 Il problema della coscienza	639
Spunti di riflessione	585	14.1 Il problema mente-cervello	641
Lecture consigliate	585	14.2 Anatomia della coscienza	643
13 La cognizione sociale	587	14.3 Livelli di arousal e coscienza	644
13.1 Substrati anatomici della cognizione sociale	589	■ Regolazione dell'arousal	645
13.2 Interazioni sociali e sviluppo	591	Riquadro 14.1 ■ Lezioni dalla clinica Una vita degna di essere vissuta	646
13.3 Deficit acquisiti del comportamento sociale e deficit del neurosviluppo	592	14.4 L'architettura organizzativa dei sistemi complessi	649
13.4 L'imperativo di Socrate: conosci te stesso	592	■ Architettura a strati	649
■ Elaborazione autoreferenziale	593	■ Molteplici realizzabilità	651
■ I tratti di personalità autodescrittivi	594	14.5 Accesso alle informazioni	653
■ L'autoreferenzialità come una modalità di base delle funzioni cerebrali	596	■ L'estensione dell'elaborazione cosciente	657
■ Percezione del Sé come un processo motivato	598	■ Dagli strati di elaborazione consci a quelli inconsci	658
■ Predire il nostro stato mentale futuro	600	14.6 I contenuti dell'esperienza cosciente	661
■ Senso di appartenenza corporea e incarnazione	601	■ L'interprete cerebrale e il senso unificato del Sé	661
Riquadro 13.1 ■ Lezioni dalla clinica Un arto non voluto	604	14.7 Gli stati mentali possono influire sull'elaborazione cerebrale?	662
13.5 Comprendere gli stati mentali degli altri	606	■ Neuroni, gruppi neuronali e i contenuti della coscienza	664
■ La teoria della mente	606	■ Interpretare risultati confusi nella prospettiva dell'architettura a strati	665
13.6 I correlati neurali della teoria della condivisione dell'esperienza (teoria della simulazione)	609	■ Lo strato sociale	666
■ I neuroni specchio	610	14.8 I contenuti della coscienza animale	667
■ Empatia	611	14.9 Senzienza	670
13.7 I correlati neurali della teoria dell'attribuzione di stati mentali (teoria della teoria)	618	■ L'inaspettato e imprevedibile mondo quantico	670
■ L'attività della MPFC e della TPJ destra	618	■ Il principio della complementarità	672
■ Il solco temporale superiore: integrazione dei segnali non verbali con gli stati mentali	621	■ La senzienza negli animali	673
13.8 I disturbi dello spettro autistico e gli stati mentali degli altri	622	■ La senzienza senza la corteccia	674
■ Differenze anatomiche e connettive negli ASD	623	Riquadro 14.2 ■ Temi caldi della scienza Cervelli da insetto	674
■ La teoria della mente negli ASD	624	14.10 La ricerca sugli split-brain come finestra sull'esperienza cosciente	676
■ La rete di default negli ASD	625	■ Una proposta: bolle, non network	677
		Parole chiave	678
		Spunti di riflessione	678
		Lecture consigliate	678
		Glossario	679
		Indice analitico	695

Il riconoscimento degli oggetti

6



**Non dimentico mai una faccia, ma nel suo caso
farò un'eccezione.**

Groucho Marx

GRANDI INTERROGATIVI

- Quali processi conducono al riconoscimento degli oggetti come entità coerenti?
- Com'è organizzata nel cervello l'informazione sugli oggetti?
- Il cervello riconosce tutti i tipi di oggetti utilizzando gli stessi processi? C'è qualcosa di speciale riguardo al riconoscimento dei volti?

Ancora trentenne, il paziente G.S. era stato colpito da un ictus e quasi morì. Nonostante alla fine avesse recuperato la maggior parte delle sue funzioni cognitive, continuava a lamentarsi di un grave problema: non era in grado di riconoscere gli oggetti.

Le sue capacità sensoriali erano intatte, le funzioni linguistiche erano normali e non aveva problemi di coordinazione; molto sorprendentemente, non aveva subito una perdita dell'acuità visiva. Poteva facilmente giudicare quali di due linee fosse la più lunga ed era in grado di descrivere il colore e la forma generale degli oggetti. Ciò nonostante, quando gli venivano mostrati oggetti domestici, quali una candela o un'insalatiera, era incapace di denominarli, anche se poteva descrivere la candela come allungata e sottile e l'insalatiera come curva e marrone.

Il suo deficit non rifletteva un'incapacità nel richiamare le etichette verbali degli oggetti. Infatti, quando gli veniva chiesto di denominare un oggetto rotondo di legno in cui vengono mescolati insalata, pomodori e cetrioli rispondeva con "insalatiera". Era anche in grado di identificare gli oggetti attraverso altri sensi, come il tatto o l'odorato. Per esempio, dopo aver esaminato visivamente una candela, rispondeva che era un "oggetto allungato". Toccandola, la identificava come un "pastello a cera"; dopo averne sentito l'odore, si correggeva e forniva la risposta corretta: "Una candela". Il suo deficit, quindi, era specifico per una sola modalità sensoriale, ovvero era limitato alla vista.

G.S. aveva ancora più difficoltà a riconoscere oggetti raffigurati in fotografia. Quando gli fu mostrata l'immagine di una serratura a combinazione e gli fu chiesto di denominare quest'oggetto, inizialmente l'uomo non riuscì a dire che cosa fosse, guardando l'immagine con espressione confusa. Dopo essere stato spronato, notò la forma arrotondata dell'oggetto. È interessante che, mentre guardava l'immagine, continuasse a ruotare le dita, mimando l'azione di aprire una serratura a combinazione. Quando gliene fu chiesta la ragione, rispose che era una sorta di tic dovuto a nervosismo. Sollecitato ulteriormente dagli

sperimentatori a fornire più dettagli o a tentare una qualche congettura, G.S. disse che si trattava di un telefono (riferendosi a un telefono analogico a disco combinatore, molto comunemente utilizzato in quel periodo). E restò irremovibile, insistendo su quest'interpretazione anche dopo che gli fu detto esplicitamente che quello non era un telefono. Infine, lo sperimentatore gli chiese se ciò che vedeva nell'immagine fosse un telefono, una serratura o un orologio. A questo punto G.S., ormai convinto che non si trattasse di un telefono, rispose: "Un orologio". Poi, dopo essersi guardato le dita, annunciò con orgoglio: "È una serratura, una serratura a combinazione".

Le azioni di G.S. erano chiare. Anche se i suoi occhi e i suoi nervi ottici funzionavano in modo normale, non riusciva a riconoscere un oggetto che stava guardando. In altre parole, le informazioni sensoriali entravano normalmente nel suo sistema visivo e, inoltre, le informazioni sulle componenti di un oggetto nel suo campo visivo venivano elaborate. Era in grado di differenziare e identificare colori, linee e forme. Sapeva i nomi degli oggetti e a cosa servissero, quindi la sua memoria era a posto. In aggiunta, mentre guardava l'immagine della serratura, la sua scelta non era stata casuale: aveva percepito la presenza dei contrassegni numerici sulla circonferenza dell'oggetto e ciò era stato sufficiente a fargli ritenere che si trattasse di un telefono a disco combinatore.

La rotazione delle dita da parte di G.S. indicava che la sua conoscenza dell'oggetto raffigurato nella fotografia andava ben al di là di quanto suggerito dalla sua erronea affermazione che fosse un telefono. Alla fine, il movimento della sua mano gli aveva dato la risposta, G.S. aveva lasciato che fossero le sue dita a parlare. Nonostante il suo sistema visivo percepisse le parti e lui comprendesse la funzione dell'oggetto che stava guardando, non riusciva a mettere insieme tutta l'informazione necessaria per riconoscere l'oggetto. G.S. era affetto da un tipo di agnosia visiva.

Nel capitolo precedente abbiamo visto come i segnali visivi che emergono da oggetti e scene nel mondo esterno vengono analizzati come margini, forme e colori. In questo capitolo esploreremo come il cervello combina questi input di basso livello in percetti coerenti, di alto livello. Come vedremo, l'atto di percepire coinvolge anche la memoria: riconoscere una fotografia di vostra madre richiede una corrispondenza fra il percetto corrente e una rappresentazione interna delle immagini di vostra madre viste precedentemente.

Iniziamo questo capitolo con una discussione su alcuni dei problemi computazionali che il sistema di riconoscimento degli oggetti deve risolvere, e su come questi sono legati alle aree corticali coinvolte nel processo. Successivamente affronteremo la questione di come l'attività neurale codifichi l'informazione percettiva, dedicandoci a una letteratura emozionante in cui i ricercatori testano le teorie

sul riconoscimento degli oggetti cercando di predire che cosa una persona sta vedendo, semplicemente osservando i pattern di attività neurale o alcuni correlati di questa attività – la lettura del pensiero in versione XXI secolo. Una volta stabilite queste basi, ci immergeremo nell'affascinante mondo dei problemi di riconoscimento categoria-specifici e delle loro implicazioni per i modelli di riconoscimento degli oggetti. Concluderemo il capitolo prendendo in considerazione che cosa i deficit dei pazienti con particolari tipi di agnosia ci rivelano sulla percezione.

6.1 Problemi computazionali nel riconoscimento degli oggetti

Quando si pensa al riconoscimento degli oggetti, si devono tenere a mente quattro concetti principali.

1. *La terminologia va usata con precisione.* A un livello fondamentale, casi come quello del paziente G.S. costringono i ricercatori a essere precisi quando si utilizzano termini come *percepire* o *riconoscere*. G.S. riusciva a vedere le immagini, tuttavia non riusciva a percepirle o a riconoscerle. Distinzioni come queste costituiscono un tema centrale nelle neuroscienze cognitive, sottolineando le limitazioni del linguaggio utilizzato nelle descrizioni quotidiane del pensiero. Tali distinzioni sono rilevanti in questo capitolo e saranno ulteriormente approfondite quando ci dedicheremo ai problemi dell'attenzione e della memoria nei Capitoli 7 e 9.
2. *La percezione degli oggetti è unitaria.* Nonostante i nostri sistemi sensoriali utilizzino una strategia del tipo “dividi e conquista” (come abbiamo visto nel Capitolo 5), la nostra percezione degli oggetti è unitaria. Caratteristiche come il colore e il movimento vengono elaborate lungo vie neurali distinte. Tuttavia, la percezione è qualcosa di più del semplice riconoscere le caratteristiche degli oggetti. Nel guardare un'immagine della costa settentrionale di San Francisco, per esempio, non vediamo soltanto una mescolanza di varie sfumature di colore, fluttuanti in un mare di forme (Figura 6.1). Piuttosto, i nostri percetti sono l'acqua della baia di un blu intenso, i piloni sveltanti del Golden Gate Bridge e i grattacieli argentati della città.
3. *Le capacità percettive sono enormemente potenti, eppure flessibili.* La vista della città appare la stessa sia che la si guardi con entrambi gli occhi o solamente con l'occhio sinistro o destro. Cambiare la nostra posizione sul fianco di una delle colline di San Francisco potrebbe rivelare l'intera distesa del Golden Gate Park, oppure presentare una veduta in cui un palazzo ne occlude la maggior parte. Comunque, nonostante questa variazione nell'input sensoriale, ci renderemmo immediatamente conto di sta-

re ancora guardando la stessa città. Di fatto, il percetto rimarrebbe stabile anche se ci mettessimo a testa in giù e l'immagine retinica fosse rovesciata.

4. *Il prodotto della percezione è intimamente intrecciato con la memoria.* Riconoscere un oggetto è ben più che mettere insieme le caratteristiche in modo da formare un intero coerente: quell'intero attiva ed evoca memorie. Quelli di noi che hanno trascorso molte ore girovagando per le strade che salgono e scendono le colline intorno alla baia di San Francisco riconosceranno che le fotografie della Figura 6.1 sono state scattate dai promontori di Marin County, la contea che si estende a nord della città.



a



b

Figura 6.1 La nostra visione del mondo dipende dal punto di osservazione.

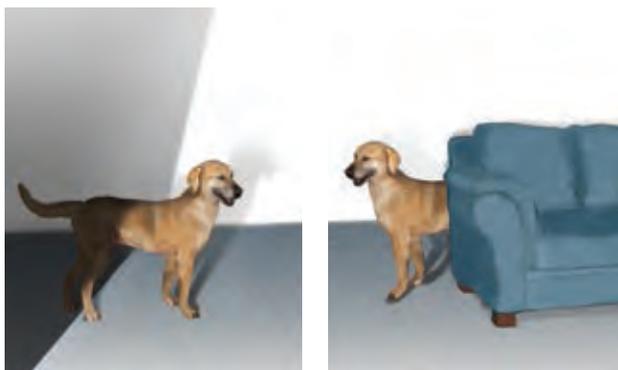
Queste due fotografie ritraggono la stessa scena, ma ripresa da due posizioni diverse, in condizioni ambientali differenti. Ciascun punto di osservazione rivela una diversa veduta della scena, e comprende oggetti non visibili dall'altra posizione. Inoltre, anche i colori cambiano, a seconda dell'ora del giorno e delle condizioni atmosferiche. Malgrado questa variabilità, riconosciamo facilmente che entrambe le fotografie sono immagini del Golden Gate Bridge, con la città di San Francisco in lontananza.

Ma anche se non siete mai stati a San Francisco, guardando queste immagini un'interazione fra percezione e memoria avviene comunque. Una componente del recupero mnemonico consiste, infatti, nel riconoscere che le cose appartengono a certe categorie. Al viaggiatore che arriva dall'Australia, la prima visione di San Francisco evoca, molto probabilmente, un confronto con la baia di Sydney; per chi arriva dal Kansas per la prima volta, la stessa vista può risultare così inusuale da suscitare un'altra impressione: che quel luogo sia diverso da qualunque altro mai visto prima.

Per **costanza dell'oggetto** si intende la nostra stupefacente capacità di riconoscere un oggetto in un'infinità di situazioni diverse. La **Figura 6.2a** mostra quattro differenti immagini di un'automobile, che hanno ben poco in comune rispetto all'informazione sensoriale che giunge al nostro occhio. Eppure, non abbiamo alcun problema a identificare l'oggetto in ciascuna immagine come un'auto, né a capi-



a



b

Figura 6.2 Costanza dell'oggetto.

(a) L'immagine sulla retina è ampiamente diversa per ciascuno di questi quattro disegni di un'auto. (b) Altre fonti di variazione dell'input sensoriale includono le ombre e le occlusioni (dove un oggetto si trova davanti a un altro). Nonostante questa variabilità sensoriale, riconosciamo rapidamente gli oggetti e riusciamo a giudicare se le figure ritraggono lo stesso oggetto od oggetti diversi.

re che tutte e quattro le auto sono dello stesso modello. L'informazione visiva che proviene da un oggetto varia in funzione di tre fattori: il punto di osservazione, le condizioni di illuminazione e il contesto.

1. **Punto di osservazione.** L'informazione sensoriale dipende molto dal punto di osservazione, il quale cambia non solo quando voi guardate un oggetto da diverse angolature, ma anche quando l'oggetto stesso si muove e, quindi, cambia il proprio orientamento rispetto a voi. Quando il vostro cane si rotola sulla schiena, oppure lo chiamate per dargli un premio, la vostra interpretazione di questa entità (il cane) resta la stessa nonostante i cambiamenti radicali nell'informazione visiva che colpisce la retina e nella proiezione di quell'informazione al cervello. Il sistema percettivo umano è esperto nel distinguere i cambiamenti causati da variazioni del punto di vista dai cambiamenti intrinseci agli oggetti stessi. Molte illusioni ottiche sfruttano questa abilità, approfittando del fatto che il cervello usa la propria esperienza per fare assunzioni sulle scene visive. Per esempio, la stanza di Ames è un'illusione che causa bizzarre distorsioni nella nostra percezione della grandezza (**Figura 6.3**). Siccome assumiamo che la stanza sia rettangolare e abbia un soffitto orizzontale, ne percepiamo l'altezza e la distanza con il muro di fondo come costanti. Anche quando veniamo informati del fatto che il muro di fondo e il soffitto sono inclinati, creando una stanza trapezoidale, l'illusione persiste. Il sistema percettivo usa in modo automatico molti indizi visivi insieme alla sua conoscenza pregressa per mantenere la costanza dell'oggetto.
2. **Illuminazione.** Mentre le parti visibili di un oggetto possono differire in funzione del modo in cui la luce lo colpisce e le ombre vengono proiettate (**Figura 6.2b**), il riconoscimento è ampiamente insensibile alle variazioni di illuminazione. Un cane al sole e uno in ombra vengono sempre interpretati come un cane.
3. **Contesto.** Gli oggetti sono raramente osservati in isolamento. Le persone vedono gli oggetti circondati da altri oggetti e contro sfondi variabili. Tuttavia, non abbiamo alcuna difficoltà a distinguere un cane dagli altri oggetti in un'affollata strada cittadina, anche quando il cane è parzialmente ostruito da pedoni, alberi e idranti; il nostro sistema percettivo suddivide rapidamente la scena nelle sue componenti.

Il sistema per il riconoscimento degli oggetti deve adattarsi a queste tre fonti di variabilità, ma deve anche tenere conto del fatto che cambiamenti nella forma percepita di un oggetto potrebbero riflettere reali cambiamenti nell'oggetto stesso. Il riconoscimento degli oggetti deve essere allo stesso tempo abbastanza generale da supportare la costanza dell'oggetto e anche abbastanza specifico da cogliere le lievi differenze tra i membri di una stessa categoria o classe.



a



b

Figura 6.3 Stanza di Ames.

(a) Quando vediamo persone in una stanza di Ames, il nostro sistema visivo assume che i muri siano paralleli, che il pavimento sia piatto e che gli “scacchi” sul pavimento siano realmente quadrati. Date queste assunzioni basate sul punto di vista, abbiamo l’illusione che le persone siano di grandezze diverse. (b) Il disegno strutturale di una stanza di Ames.

CONCETTI FONDAMENTALI DA RICORDARE

- La sensazione, la percezione e il riconoscimento sono fenomeni distinti.
- La costanza dell’oggetto è la capacità di riconoscere gli oggetti in innumerevoli situazioni, nonostante la variazione nello stimolo fisico.

6.2 Le molteplici vie della percezione visiva

Le vie che portano l’informazione visiva dalla retina alle prime poche sinapsi corticali si separano chiaramente in molteplici vie di elaborazione. Molta dell’informazione è indirizzata verso la corteccia visiva primaria, chiamata anche *V1* o *corteccia striata*, localizzata nel lobo occipitale (vedi Figure 5.23 e 5.26).

L’output da *V1* è contenuto principalmente in due principali fasci di fibre, o *fascicoli*, che trasportano l’informazione visiva a regioni della corteccia parietale e temporale (vedi riquadro “Orientamento anatomico”) che sono coinvolte nel riconoscimento visivo degli oggetti. Come mostrato nella **Figura 6.4**, il *fascicolo longitudinale superiore* percorre una via dorsale dalla corteccia striata e da altre aree visive, terminando per la maggior parte nelle regioni posteriori del lobo parietale. Il *fascicolo longitudinale inferiore* segue una rotta ventrale dalla corteccia striata occipitale fino a dentro il lobo temporale. Queste due vie sono definite **via (occipitoparietale) dorsale** e **via (occipitotemporale) ventrale**, rispettivamente.

Questa separazione anatomica delle fibre che trasportano l’informazione dalla corteccia visiva a due separate regio-

ni del cervello solleva alcuni interrogativi. Quali sono le diverse proprietà dell’elaborazione nelle vie dorsale e ventrale? In che modo differiscono nella loro rappresentazione dell’input visivo? In che modo l’elaborazione entro queste due vie interagisce a sostegno della percezione degli oggetti?

■ Le vie del “cosa” e del “dove”

Per rispondere al primo di questi quesiti, Leslie Ungerleider e Mortimer Mishkin, ai National Institutes of Health di Washington D.C. (1982), avanzarono l’ipotesi che l’elaborazione lungo queste due vie fosse deputata all’estrazione di due tipi di informazione fundamentalmente diversi. Ipotizzarono che la *via ventrale* fosse specializzata nella *percezione* e nel *riconoscimento degli oggetti*, per determinare “cosa” (*what*) stiamo guardando. La *via dorsale* è, invece, specializzata nella *percezione spaziale*, per determinare “dove” (*where*) è localizzato un certo oggetto e per analizzare la configurazione spaziale dei diversi oggetti che compongono una scena. “Cosa?” e “Dove?” sono, infatti, le due domande fondamentali a cui rispondere nella percezione visiva. Per produrre risposte comportamentali appropriate dobbiamo: (a) riconoscere cosa stiamo guardando e (b) sapere dov’è.

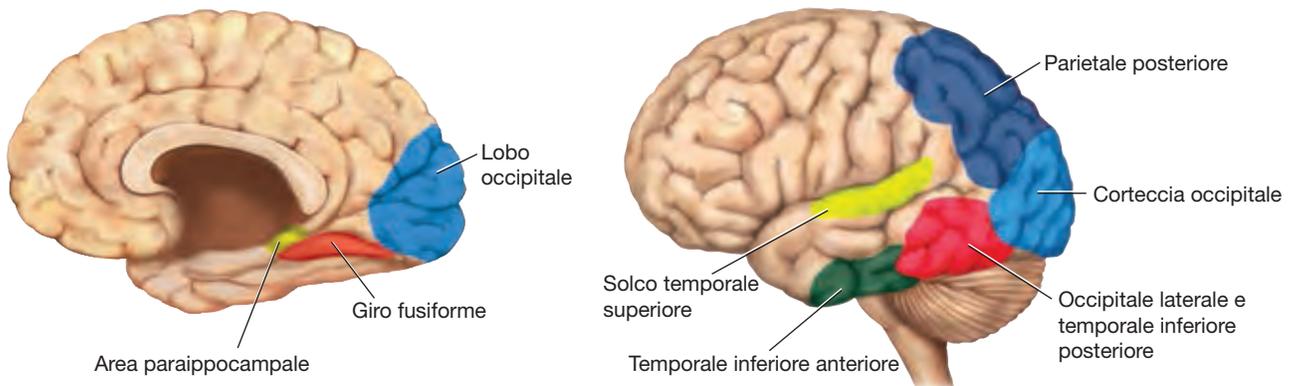
I dati iniziali per la dissociazione cosa-dove tra le vie ventrale e dorsale derivarono da studi lesionali nelle scimmie. Animali con *lesioni bilaterali del lobo temporale*, che distruggevano la via ventrale, mostravano una grande difficoltà nel discriminare tra diverse forme, cioè nel discriminare “cosa” fosse loro mostrato (Pohl, 1973). Per esempio, facevano molti errori mentre imparavano che un oggetto, come un cilindro, era associato a una ricompensa di natura alimentare quando era associato a un altro oggetto (per es.

un cubo). Tuttavia, questi stessi animali non avevano alcun problema a determinare dove fosse un oggetto rispetto ad altri oggetti, poiché questa seconda abilità dipende da un'attività computazionale relativa al "dove". L'opposto era vero per gli animali con lesioni al lobo parietale che distruggevano la via dorsale. Questi animali avevano problemi a determinare la posizione di un oggetto in relazione ad altri oggetti ("dove"), ma non avevano alcun problema nel discriminare tra due oggetti simili ("cosa").

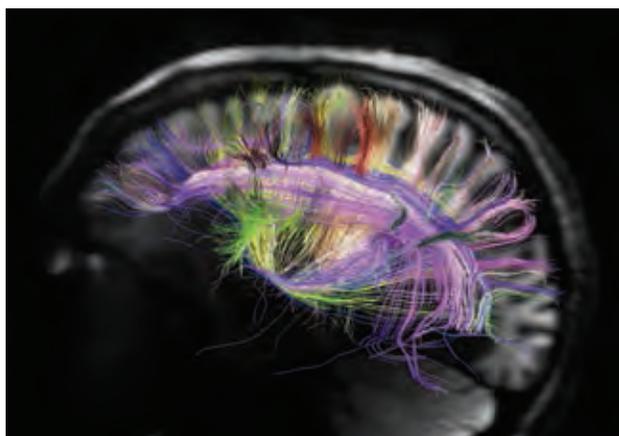
Evidenze più recenti indicano che la separazione tra le vie del "cosa" e del "dove" non è limitata al sistema visivo. Studi condotti su varie specie, inclusi gli esseri umani, suggeriscono che anche le regioni che elaborano l'informazione uditiva sono analogamente suddivise in vie dorsali e ventrali. Le porzioni anteriori della corteccia uditiva primaria sono specializzate nell'elaborazione dei pattern uditivi (qual è il suono?) e appartengono alla via ventrale, mentre le regioni posteriori sono specializzate

ORIENTAMENTO ANATOMICO

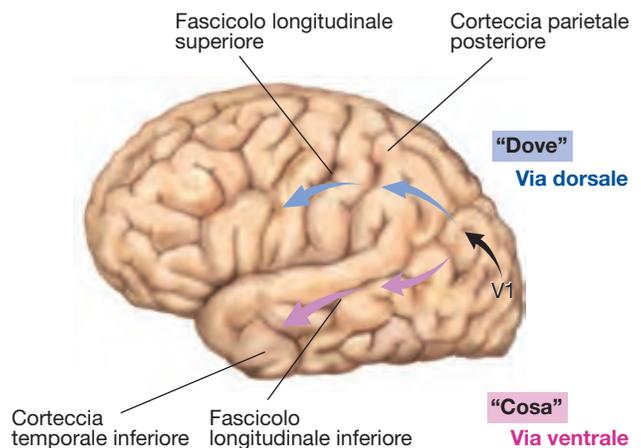
Anatomia del riconoscimento degli oggetti



Distinte regioni del cervello vengono utilizzate per realizzare distinti tipi di riconoscimento degli oggetti. L'area paraippocampale e la corteccia parietale posteriore elaborano le informazioni sui luoghi e sulle scene. Molteplici regioni sono implicate nel riconoscimento dei volti, inclusi il giro fusiforme e il solco temporale superiore, mentre il compito di riconoscere altre parti del corpo è svolto da aree nella corteccia occipitale laterale e in quella temporale posteriore.



a



b

Figura 6.4 Le principali vie del riconoscimento degli oggetti.

(a) Il fascicolo longitudinale, qui mostrato in diverse tonalità del colore porpora. (b) La via ventrale del "cosa" (*what*) termina nella corteccia temporale inferiore, mentre la via dorsale del "dove" (*where*) termina nella corteccia parietale posteriore. Regioni specifiche del cervello sono utilizzate per distinti tipi di riconoscimento degli oggetti. L'area paraippocampale e la corteccia parietale posteriore elaborano informazioni sui luoghi e sulle scene. Molteplici regioni sono implicate nel riconoscimento dei volti, inclusi il giro fusiforme e il solco temporale superiore, mentre il compito di riconoscere altre parti del corpo è svolto da aree nella corteccia occipitale laterale e in quella temporale posteriore inferiore.

nell'identificazione della posizione spaziale di un suono (da dove proviene?) e formano una parte della via dorsale (Figura 6.5).

Un esperimento particolarmente brillante ha dimostrato questa specializzazione funzionale richiedendo a gatti di identificare dove fosse e cosa fosse uno stimolo uditivo (Lomber & Malhotra, 2008). I gatti erano stati addestrati a eseguire due diversi compiti: uno richiedeva all'animale di localizzare un suono, mentre un secondo compito richiedeva di discriminare tra diversi pattern sonori. Successivamente i ricercatori posero sottili tubicini sulla regione uditiva anteriore; attraverso questi tubicini poteva essere fatto passare un liquido a bassa temperatura per raffreddare il tessuto neurale sottostante. Questa procedura inattiva temporaneamente il tessuto bersaglio, procurando una lesione transitoria (in modo simile alla logica degli studi con la TMS condotti sugli esseri umani). Il raffreddamento aveva come risultato deficit selettivi nel compito di discriminazione dei pattern, ma non nel compito di localizzazione. In una seconda fase dello studio, i tubicini venivano riposizionati sulla regione uditiva posteriore. Questa volta si osservavano deficit nel compito di localizzazione, ma non nel compito di discriminazione dei pattern: in pratica, una netta doppia dissociazione nello stesso animale.

■ Differenze rappresentazionali tra la via dorsale e la via ventrale

Sia i neuroni del lobo temporale sia quelli del lobo parietale hanno campi recettivi ampi, ma le proprietà fisiologiche dei neuroni all'interno di ciascun lobo sono abbastanza distinte. I neuroni della via dorsale nel lobo parietale possono rispondere in modo simile a molti stimoli diversi (Robinson *et al.*, 1978). Per esempio, se si registra l'attività di un neurone parietale in una scimmia pienamente cosciente, si trova che esso può essere attivato da stimoli diversi, come un punto luminoso limitato a una piccola regione dello spazio oppure un grande oggetto che occupa gran parte dell'emisfero visivo.

Nonostante il 40% di questi neuroni abbia campi recettivi vicini alla regione centrale della visione (la fovea), le rimanenti cellule hanno campi recettivi che escludono la regione foveale. Queste cellule particolarmente sensibili agli stimoli periferici sono molto adatte a rilevare la presenza e la posizione di uno stimolo, specialmente di uno che abbia appena fatto il suo ingresso nel campo visivo. Ricordate che, nel descrivere i circuiti subcorticali della visione nel Capitolo 5, abbiamo suggerito che un ruolo simile possa essere assolto dal collicolo superiore, il quale svolge anche un ruolo importante nell'attenzione visiva (discussa nel Capitolo 7).

La risposta dei neuroni nella via ventrale del lobo temporale è piuttosto diversa (Ito *et al.*, 1995). I campi recettivi

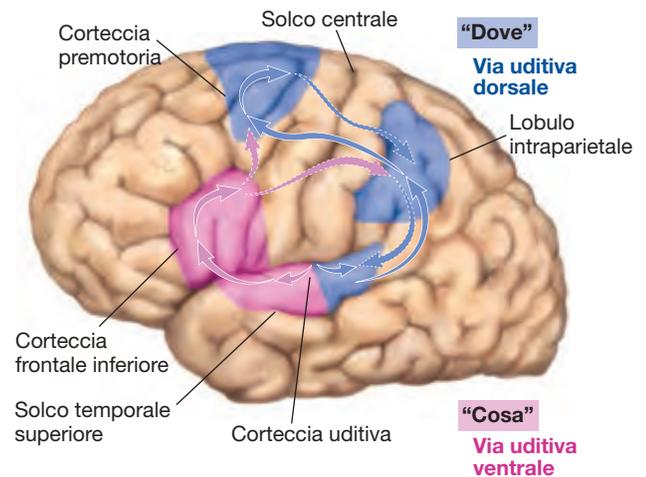


Figura 6.5 Ipotesi delle vie dorsale e ventrale nella via di elaborazione uditiva.

I neuroni nella via dorsale (in blu) analizzerebbero preferenzialmente spazio e movimento, mentre quelli nella via ventrale (in rosa) potrebbero essere preferenzialmente coinvolti nell'elaborazione degli oggetti uditivi. Si noti che la corteccia uditiva anteriore fa parte della via ventrale, mentre la corteccia uditiva posteriore fa parte della via dorsale.

di questi neuroni *includono sempre la fovea* e la maggior parte di queste cellule può essere attivata da stimoli che ricadono nel campo visivo sinistro o in quello destro. La sproporzionata rappresentazione corticale della visione centrale sembra essere una caratteristica ideale per un sistema deputato al riconoscimento degli oggetti. Di solito fissiamo direttamente lo sguardo sulle cose che desideriamo identificare; in questo modo, traiamo vantaggio dalla maggiore acuità della visione foveale.

Le cellule nelle aree visive del lobo temporale presentano pattern di selettività diversi (Desimone, 1991). Nella regione posteriore, a livello precoce di elaborazione, le cellule mostrano una preferenza per caratteristiche relativamente semplici, come i margini. Altre cellule, più avanti nella via di elaborazione, mostrano una preferenza per caratteristiche molto più complesse, come parti del corpo umano, mele, fiori o serpenti. Le registrazioni derivanti da una di queste cellule, localizzata nella corteccia temporale inferiore (IT, *inferior temporal*), sono illustrate nella Figura 6.6 (Desimone *et al.*, 1984). Questa cellula risponde col massimo di attività alla presentazione di una mano umana. Le prime cinque immagini della figura mostrano la risposta della cellula a varie vedute di una mano. L'attività neurale è alta, indipendentemente dall'orientamento della mano, e si riduce soltanto di poco quando le dimensioni della mano sono notevolmente più piccole. La sesta immagine, che raffigura una muffola, indica che la risposta diminuisce se, nella stessa forma, le dita non sono ben definite.

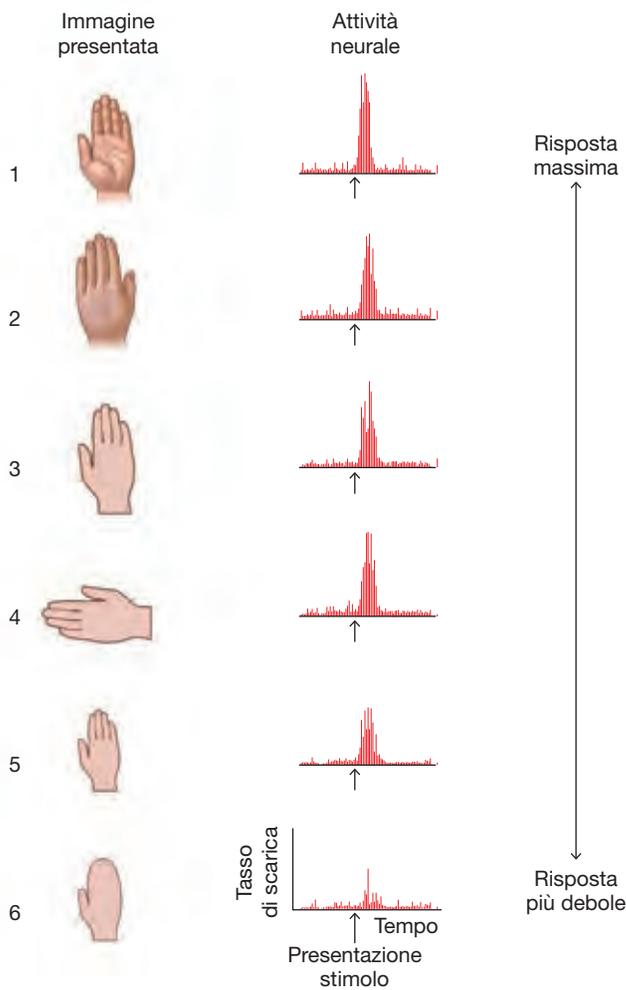


Figura 6.6 Registrazioni dell'attività di un singolo neurone nella corteccia temporale inferiore.

I neuroni nella corteccia IT raramente rispondono a stimoli semplici, come le linee o i punti luminosi; piuttosto rispondono a oggetti più complessi, come le mani. Questa cellula rispondeva debolmente all'immagine 6, che non includeva la definizione delle dita.

■ Percezione legata all'identificazione rispetto a quella legata all'azione

Gli studi di casi clinici offrono altre prove a favore della dissociazione tra i processi del “cosa” e del “dove”. Come vedremo nel Capitolo 7, la corteccia parietale ha un ruolo critico nell'attenzione spaziale. Le lesioni in questo lobo possono anche causare gravi alterazioni nella capacità di rappresentare l'organizzazione spaziale del mondo e le relazioni spaziali fra gli oggetti della scena visiva.

Più significative si sono rivelate le dissociazioni funzionali nella prestazione dei pazienti affetti da agnosia, un'incapacità di elaborare l'informazione sensoriale nonostante gli organi di senso e la memoria funzionino bene. Il termine *agnosia* fu coniato da Sigmund Freud derivandolo dal

greco *a-* (“senza”) e *gnosis* (“conoscenza”). Essere *agnosici* significa avere un'alterazione della conoscenza o del riconoscimento di oggetti, persone, forme, odori o suoni. Quando il disordine è *limitato* alla modalità visiva, come per G.S., la sindrome viene definita **agnosia visiva**, un deficit del riconoscimento degli oggetti anche quando i processi per l'analisi di proprietà basilari come colore, forma e movimento sono relativamente intatti.

Analogamente le persone possono avere agnosie uditive, che si manifestano probabilmente come inability di riconoscere la musica nonostante un udito preservato (**Riquadro 6.1**), oppure agnosie limitate all'olfatto o alla somatosensazione. Il termine *agnosia* viene di solito utilizzato in maniera modalità-specifica; se il problema è multimodale, diventa difficile determinare se il deficit è primariamente percettivo o riguarda maggiormente la memoria.

Mel Goodale e David Milner, alla University of Western Ontario (1992), descrissero un affascinante pattern di comportamento nella paziente D.F., una donna di 34 anni che aveva sofferto di un'intossicazione da monossido di carbonio dovuta a una perdita di una stufa a gas, che le aveva causato una grave agnosia visiva. Quando le veniva chiesto di denominare alcuni oggetti domestici molto comuni, D.F. commetteva errori grossolani, come chiamare una tazza “posacenere” o una forchetta “coltello”. Inoltre, le sue descrizioni dell'oggetto che le veniva presentato erano di solito poco minuziose; per esempio, un cacciavite era “lungo, nero e sottile”. Ancora più alterato era il suo riconoscimento di immagini. Quando le si presentavano disegni di oggetti comuni, D.F. non riusciva a identificarne neppure uno.

Il deficit di D.F. non poté essere attribuito ad *anomia*, un problema nella denominazione degli oggetti, poiché quando qualcosa le veniva posto in mano era sempre in grado di identificarlo. Ulteriori test della sensibilità indicarono che l'agnosia di D.F. non era attribuibile neppure a una perdita di acuità visiva: riusciva, infatti, a distinguere piccoli target grigi presentati su uno sfondo nero. Sebbene non fosse in grado di discriminare lievi differenze di tinta, D.F. conservava intatta la capacità di identificare i colori primari.

Della massima rilevanza per la nostra discussione è la dissociazione nella prestazione di D.F. in due compiti, entrambi pensati per valutare la sua capacità di percepire l'orientamento di un oggetto tridimensionale. Al fine di eseguire questi compiti, a D.F. veniva chiesto di osservare un blocco circolare nel quale era stata intagliata una fessura. L'orientamento della fessura poteva essere cambiato ruotando il blocco. Nel compito di abbinamento esplicito, a D.F. fu dato un cartoncino e le fu chiesto semplicemente di orientare la mano in modo che il cartoncino si adattasse alla fessura. D.F. fallì miseramente la prova, per esempio orientando il cartoncino in senso verticale anche quando

RIQUADRO 6.1 ■ LEZIONI DALLA CLINICA

Il giorno in cui la musica morì

Anche altre modalità sensoriali, oltre alla percezione visiva, contribuiscono al riconoscimento degli oggetti. I loro odori distintivi ci permettono di identificare timo e basilico. Usando il tatto possiamo distinguere tra un capo in poliestere da poco prezzo e una seta fine. E dipendiamo dai suoni, sia naturali (come il pianto di un neonato) sia artificiali (una sirena), per guidare le nostre azioni. Sono stati documentati fallimenti nel riconoscimento degli oggetti anche in queste altre modalità sensoriali.

Come nell'agnosia visiva, per essere diagnosticato *agnosico* un paziente deve soddisfare due criteri. In primo luogo, il deficit nel riconoscimento degli oggetti non deve essere secondario a un problema di elaborazione percettiva. Per esempio, per essere diagnosticati agnosici uditivi, occorre che nei test di rilevazione dei suoni i pazienti forniscano una prestazione entro i limiti della norma. In altri termini, il volume di un suono presentato al paziente per essere rilevato deve cadere nel range normale. In secondo luogo, il deficit nel riconoscimento degli oggetti deve essere limitato a un'unica modalità sensoriale. Per esempio, un paziente che non riesce a identificare i suoni ambientali come quelli prodotti dall'acqua che scorre o dai motori di un jet, deve, però, essere in grado di riconoscere l'immagine di una cascata o di un aeroplano.

C.N., un'infermiera di 35 anni, ricevette la diagnosi di aneurisma nell'arteria

cerebrale media sinistra, che richiedeva un intervento chirurgico (Peretz *et al.*, 1994). Nel periodo postoperatorio lamentò immediatamente che la sua percezione della musica era andata distrutta. La sua *amusia*, un deficit nelle abilità musicali, fu verificata per mezzo di test specifici. Per esempio, C.N. non era più in grado di riconoscere i brani che provenivano dalla sua collezione di dischi, né riuscì a ricordare i titoli di 140 canzoni famose, tra cui l'inno nazionale canadese.

Fu escluso che il deficit di C.N. fosse attribuibile a un problema della memoria a lungo termine. La paziente fallì anche in un test in cui doveva decidere se due melodie fossero uguali o diverse: che il problema fosse selettivo per la percezione uditiva fu dimostrato dalla sua eccellente prestazione nel riconoscere gli stessi pezzi quando gliene furono mostrati i testi. O dal fatto che, quando le fu presentato il titolo del brano musicale *Le quattro stagioni*, rispose che l'autore era Vivaldi e si ricordò persino in quale occasione avesse udito quella musica per la prima volta.

Interessante quanto l'amusia era, inoltre, l'assenza di problemi negli altri test sul riconoscimento uditivo. C.N. era in grado di capire e produrre un eloquio e di identificare i suoni ambientali, come versi di animali, rumori del traffico e voci umane. Persino nell'ambito della musica il problema di C.N. non era generalizzato a tutti gli aspetti della comprensione

musicale: era in grado di rilevare i toni e aveva una prestazione pari a quella dei partecipanti normali quando le veniva chiesto di giudicare se sequenze di due toni avessero lo stesso ritmo; ma, quando si trattò di decidere se le due sequenze rappresentassero la stessa melodia, la sua prestazione scese fin quasi al livello del caso. Questa dissociazione rende meno sorprendente il fatto che, malgrado la sua incapacità di riconoscere le canzoni, le piacesse ancora ballare!

Sono stati segnalati anche altri casi di agnosia uditiva dominio-specifica. Molti pazienti rivelano alterazioni nella capacità di riconoscere i suoni ambientali; come nel caso dell'*amusia*, questo deficit è indipendente da problemi nella comprensione del linguaggio. Al contrario, i soggetti affetti da *sordità verbale pura* non riconoscono l'eloquio, eppure mantengono una percezione uditiva normale per gli altri tipi di suoni e hanno capacità di lettura normali. Questa specificità per differenti categorie di suoni suggerisce che il riconoscimento uditivo degli oggetti implichi più sistemi di elaborazione distinti. Se il funzionamento di questi processi sia definito dal contenuto (per es. input verbali rispetto a input non verbali) oppure dagli aspetti computazionali (per es. parole e melodie possono differire riguardo alla necessità di un'analisi delle parti rispetto a un'analisi olistica) è un punto che resta ancora da vedere... o, meglio, da sentire.

la fessura era orizzontale (Figura 6.7a). Tuttavia, quando le fu chiesto di inserire il cartoncino nella fessura, D.F. tese rapidamente la mano in avanti e fece quello che le era stato richiesto (Figura 6.7b). In questa versione visuomotoria del compito, la sua prestazione non dipendeva dal feedback tattile prodotto nel momento in cui il cartoncino prendeva contatto con la fessura, dal momento che D.F. orientò correttamente la mano prima ancora di entrare in contatto col blocco.

La prestazione di D.F. può essere compresa se consideriamo come l'informazione sull'orientamento possa essere usata in modi molto diversi, a seconda che supporti l'identificazione o l'azione. Il compito di abbinamento esplicito dimostrava che D.F. non era in grado di riconoscere l'orientamento di un oggetto tridimensionale; questo deficit è indicativo di una grave forma di agnosia. Ma quando, nel

secondo compito, si chiese a D.F. di introdurre il cartoncino (compito d'azione), la sua prestazione indicò chiaramente che la donna aveva elaborato l'orientamento della fessura. Mentre le informazioni sulla forma e sull'orientamento non erano disponibili per il sistema di elaborazione deputato al riconoscimento degli oggetti, lo erano tuttavia per il compito visuomotorio.

Il sistema del "cosa" è essenziale per determinare l'identità di un oggetto. Se l'oggetto è familiare, le persone lo riconosceranno come tale; se fosse nuovo per noi, potremmo confrontarne il percepito con le rappresentazioni di oggetti di forma simile, immagazzinate nella nostra memoria. Il sistema del "dove" sembra essere essenziale anche per altre funzioni, oltre che per determinare la posizione degli oggetti; esso, infatti, ha un ruolo critico anche nel *guidare la nostra interazione con tali oggetti*.



a Compito di abbinamento esplicito



b Compito di esecuzione dell'azione

Figura 6.7 Dissociazione tra percezione collegata alla consapevolezza e percezione collegata all'azione.

(a) Quando le fu chiesto solo di tenere il cartoncino nello stesso orientamento della fessura, la paziente ebbe scarsi risultati nel compito di abbinamento esplicito. (b) Nel compito di esecuzione dell'azione, invece, la paziente ricevette l'istruzione di inserire il cartoncino nella fessura. In questo caso, produsse l'azione corretta senza esitazione.

La prestazione di D.F. fornisce un altro esempio di come l'informazione accessibile ai sistemi rivolti all'azione possa essere dissociata dall'informazione accessibile alla conoscenza e alla coscienza. In effetti, Goodale e Milner hanno sostenuto che la dicotomia dovrebbe essere fra il "cosa" e il "come", per sottolineare il fatto che il sistema visivo dorsale fornisce un forte input ai sistemi motori per la computazione del corretto programma di un movimento. Considerate cosa accade quando afferrate un bicchiere d'acqua per bere. Il vostro sistema visivo ha calcolato dov'è il bicchiere rispetto ai vostri occhi, la vostra testa, il tavolo e la traiettoria richiesta per portarlo direttamente alla bocca.

Successivamente, Goodale, Milner e i loro colleghi testarono D.F. in molti studi per esplorare i correlati neurali di questa strabiliante dissociazione tra la visione per il riconoscimento e la visione per l'azione (Goodale & Milner, 2004). Scansioni MRI strutturali mostrarono che l'intossicazione da monossido di carbonio aveva causato un'atrofia bilaterale particolarmente pronunciata nella via ventrale, che comprendeva la **corteccia occipitale laterale (LOC, lateral occipital cortex)** (T.W. James *et al.*, 2003, **Figura 6.8**). Queste regioni sono consistentemente attivate in individui sani occupati in compiti di riconoscimento degli oggetti. In contrasto, quando vengono loro mostrati gli stessi oggetti, ma con il compito di afferrarli, l'attivazione si sposta verso regioni più anteriori del lobo parietale inferiore, un pattern osservato anche quando D.F. effettuava questo compito (Culham *et al.*, 2003).

Altri studi su casi clinici presentano un quadro simile. Un paziente, J.S., si lamentava di non riuscire a vedere gli oggetti, a guardare la TV o a leggere. Era in grado di vestirsi, ma solamente se sapeva in anticipo dove si trovavano esattamente i suoi vestiti. Per di più, era incapace di riconoscere persone familiari dai loro volti, anche se era in grado di identificarle dalle voci. Abbastanza stranamente, comunque, era in grado di fare una passeggiata nel vicinato

senza alcun problema. Poteva anche facilmente afferrare gli oggetti che gli venivano presentati in diverse posizioni, anche se non era in grado di identificarli (Karnath *et al.*, 2009).

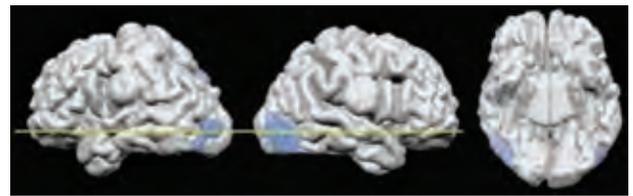
J.S. fu esaminato utilizzando test simili a quelli utilizzati negli studi con D.F. Quando gli veniva mostrato un oggetto, J.S. mostrava scarsi risultati nel descriverne le dimensioni, ma era in grado di adattare la sua presa alla dimensione dell'oggetto per afferrarlo. Oppure, quando gli venivano mostrate due forme appiattite e irregolari, J.S. trovava difficile affermare se esse fossero identiche o diverse; tuttavia, era in grado di modificare facilmente la forma della sua mano per raccogliere ciascun oggetto. Come D.F., J.S. mostrava una convincente dissociazione nella sua capacità di identificazione degli oggetti, anche se le sue azioni indicavano che "percepiva" in dettaglio la forma e l'orientamento degli oggetti. Scansioni MRI del cervello di J.S. rivelarono un danno limitato alla faccia mediale della corteccia occipitotemporale ventrale (OTC, *ventral occipitotemporal cortex*).

Pazienti come D.F. e J.S. offrono esempi di dissociazioni semplici. Entrambi mostrano una selettiva (e drammatica) menomazione nell'uso della vista per riconoscere gli oggetti, rimanendo, tuttavia, competenti nell'uso di essa per eseguire le azioni. Nella letteratura clinica si può trovare anche la dissociazione opposta: i pazienti che soffrono di **atassia ottica** sono in grado di riconoscere gli oggetti, ma non di usare l'informazione visiva per guidare le proprie azioni. Per esempio, quando qualcuno affetto da atassia ottica protende la mano verso un oggetto, non riesce a dirigerla su di esso direttamente, ma va a tentoni come una persona che al buio cerca di trovare l'interruttore della luce. Mentre D.F. non aveva alcun problema a evitare gli ostacoli quando orientava la mano verso un oggetto, i pazienti affetti da atassia ottica non riescono a prendere in considerazione gli ostacoli mentre protendono la mano verso qualcosa (Schindler *et al.*, 2004).

I loro movimenti oculari mostrano un'analoga perdita della conoscenza spaziale. Le *saccadi* possono essere indirizzate in modo improprio, tanto da non riuscire a portare l'oggetto all'interno della fovea. Quando vengono testati nel compito della fessura utilizzato con D.F. (Figura 6.7), questi pazienti sono in grado di riferire l'orientamento di una fessura che percepiscono visivamente, anche se sono incapaci di utilizzare quest'informazione per inserire un oggetto in questa fessura. In accordo con ciò che i ricercatori si attendono sulla base della dicotomia via dorsale-via ventrale, l'atassia ottica si associa a lesioni della corteccia parietale.

Sebbene questi esempi costituiscano drammatiche dimostrazioni della separazione funzionale dell'elaborazione relativa al "cosa" e al "dove", non dobbiamo dimenticare che quest'evidenza proviene dallo studio di pazienti con disturbi rari. È importante, quindi, verificare se simili principi valgano anche nei cervelli sani. Lior Shmuelof e Ehud Zohary (2005) hanno progettato uno studio per confrontare i pattern di attività nella via dorsale e in quella ventrale in individui normali (Shmuelof & Zohary, 2005). I partecipanti vedevano brevi filmati di vari oggetti manipolati da una mano. Gli oggetti venivano presentati nel campo visivo sinistro o destro, mentre la mano si avvicinava all'oggetto dal campo visivo opposto. L'attivazione della regione parietale dorsale era governata dalla posizione della mano. Per esempio, quando si vedeva una mano destra che raggiungeva un oggetto nel campo visivo sinistro, l'attivazione era più forte nella regione parietale sinistra. In contrasto, l'attivazione nella OTC ventrale era correlata con la posizione dell'oggetto. In un secondo esperimento, ai partecipanti veniva chiesto o di identificare l'oggetto o di giudicare quante dita fossero utilizzate per afferrarlo. Anche in questo caso l'attivazione ventrale era più forte nel compito di identificazione dell'oggetto, mentre l'attivazione dorsale era maggiore nel compito di valutazione del numero delle dita.

In conclusione, la dicotomia cosa-dove o cosa-come spiega in termini funzionali due degli obiettivi computazionali dell'elaborazione visiva di ordine superiore. Il valore di questa distinzione, più che assoluto, è soprattutto euristico. Le due vie, dorsale e ventrale, non sono completamente isolate tra loro, anzi l'intercomunicazione è intensa. I processi di elaborazione all'interno del lobo parietale, la stazione terminale della via del "dove", servono a molti scopi diversi. Qui ci siamo soprattutto focalizzati sulla loro azione di guida nei confronti dell'azione; nel Capitolo 7 vedremo che il lobo parietale ha anche un ruolo critico nell'*attenzione selettiva*, l'aumento dell'elaborazione dell'informazione proveniente da certe localizzazioni rispetto ad altre. Inoltre, le informazioni spaziali possono essere utili anche per risolvere problemi relativi al "cosa". Per esempio, gli indizi di profondità ci aiutano a distinguere i diversi oggetti che compongono una scena complessa.



a Lesioni nel soggetto D.F.



b Localizzazione della LOC in soggetti neurologicamente sani

Figura 6.8 Lesioni della via ventrale a confronto con la corteccia occipitale laterale (LOC) definita funzionalmente in partecipanti sani.

- (a) Ricostruzione della lesione cerebrale di D.F. Sono mostrate le vedute laterali dell'emisfero sinistro e di quello destro, così come una veduta ventrale della porzione sottostante del cervello (la lesione parietale non si vede in questa veduta).
 (b) Le regioni evidenziate indicano l'attivazione della corteccia occipitale laterale (LOC) in individui neurologicamente sani mentre riconoscono degli oggetti.

Il resto di questo capitolo si concentrerà sul riconoscimento degli oggetti, in particolare sull'assortimento di strategie del sistema visivo che fanno uso dell'elaborazione assoluta sia dalla via ventrale sia dalla via dorsale al fine di percepire e riconoscere il mondo.

CONCETTI FONDAMENTALI DA RICORDARE

- La via ventrale, o via occipitotemporale, è specializzata nella percezione e nel riconoscimento degli oggetti. Ci si riferisce spesso a essa come via del "cosa". Si focalizza sulla visione per il riconoscimento.
- La via dorsale, o via occipitoparietale, è specializzata nella percezione spaziale. Ci si riferisce spesso a essa come la via del "dove" (o del "come"). Si focalizza sulla visione per l'azione.
- I neuroni nel lobo parietale hanno ampi campi recettivi non selettivi che includono cellule che rappresentano sia la fovea sia la periferia. I neuroni nel lobo temporale hanno ampi campi recettivi che sono molto più selettivi e rappresentano sempre l'informazione foveale.
- Pazienti con lesioni selettive della via ventrale possono avere gravi problemi nell'identificazione cosciente degli oggetti; tuttavia, possono utilizzare l'informazione visiva per guidare il movimento coordinato. Vediamo, quindi, che l'informazione visiva è utilizzata per una varietà di fini.
- Pazienti affetti da atassia ottica possono riconoscere gli oggetti, ma non riescono a utilizzare l'informazione visiva per guidare l'azione. L'atassia ottica è associata a lesioni della corteccia parietale.

così semplice analizzare la funzione di una parte mancante guardando quella del sistema rimanente. Non bisogna essere dei meccanici per capire che, se si tagliano il cavo delle candele di accensione o il tubo della benzina, l'automobile smetterà di funzionare. Questo, però, non significa che questi due componenti dell'automobile abbiano la medesima funzione, se non che danneggiando una di queste due parti si ottengono conseguenze funzionali simili.

In modo analogo, una lesione potrebbe alterare la funzione di altre regioni neurali connesse con l'area della lesione, o perché esse vengono private del normale input neurale o perché i loro assoni non riescono a stabilire le normali connessioni sinaptiche, portando ad assenza di output. Nuovi metodi che utilizzano dati fMRI per creare mappe di connettività, aspetto che discuteremo più avanti in questo capitolo, stanno aiutando a identificare la vastità dei cambiamenti che derivano da un danno circoscritto a una parte del cervello.

La lesione potrebbe anche indurre l'individuo a sviluppare una strategia compensativa per minimizzarne le conseguenze. Per esempio, quando in una scimmia si elimina il feedback sensoriale a un braccio tramite una lesione chirurgica, l'animale smette di usare quell'arto. Ma se in seguito viene eliminato il feedback sensoriale anche all'altro braccio, l'animale comincia a usarli entrambi (Taub & Berman, 1968). Evidentemente, le scimmie preferiscono

usare il braccio in cui la sensazione è rimasta normale, ma le conseguenze del secondo intervento chirurgico dimostrano che la capacità di utilizzare anche l'altro non era andata perduta.

Gli studi lesionali si basano sull'assunto primario che il danno cerebrale sia di natura eliminatoria, cioè che la lesione cerebrale alteri o elimini la capacità elaborativa da parte della struttura interessata. Consideriamo il seguente esempio. Supponiamo che un danno alla regione A del cervello dia luogo a una scarsa performance nell'esecuzione del compito X. Da ciò si può trarre la conclusione che la regione A contribuisca all'elaborazione necessaria per eseguire il compito X. Se, per esempio, il compito X consiste nel leggere, potremmo dedurre che la regione A è critica per la lettura. Ma dalla psicologia cognitiva sappiamo che un compito complesso come la lettura si compone di molte operazioni: occorre che serie complete di caratteri vengano percepite; le lettere e le stringhe di lettere devono, poi, attivare le rappresentazioni dei significati corrispondenti; infine, operazioni sintattiche collegano le singole parole in un flusso coerente, dotato di significato. Saggiando soltanto l'abilità nella lettura, non riusciremo mai a scoprire quale o quali operazioni-componenti risultano alterate da lesioni alla regione A (**Riquadro 3.1**).

Ciò che il neuropsicologo cognitivo si propone è ideare compiti che permettano di verificare specifiche ipotesi sulla

RIQUADRO 3.1 ■ GLI STRUMENTI DELLE NEUROSCIENZE COGNITIVE

Dissociazioni semplici e doppie

Quando una lesione all'area X del cervello compromette l'abilità del paziente nel compito A, ma non nel compito B, possiamo affermare che l'area del cervello X e il compito A sono *associati*, mentre l'area del cervello X e il compito B sono *dissociati*. Questo effetto può essere definito una *dissociazione semplice*. Per esempio, un danno all'area di Broca nell'emisfero sinistro compromette la capacità della persona di parlare fluentemente, ma non ha effetto sulla sua capacità di comprensione.

A partire da questa osservazione potremmo dedurre che i compiti A e B utilizzano aree del cervello differenti. Ma, armati solamente di una dissociazione semplice potremmo giungere a conclusioni affrettate. Potremmo, invece, fare un'altra inferenza: forse entrambi i compiti hanno bisogno dell'area X, ma il compito B non richiede la stessa quantità di risorse richieste dal compito A dall'area X, oppure, danneggiare l'area X porta a maggiori danni per il compito A anziché per il compito B. Forse entrambi i compiti

richiedono l'area Y, ma solo il compito A richiede sia l'area X sia l'area Y. Le dissociazioni semplici sono afflitte da inevitabili problemi. Sebbene si assuma che i due compiti siano sensibili in uguale misura alle differenze fra due aree del cervello, spesso questo non è vero. Un compito può essere più faticoso, potrebbe richiedere un maggior livello di concentrazione o capacità motorie fini, o attingere maggiori risorse da un'area di elaborazione comune.

Le doppie dissociazioni evitano questo problema. Una dissociazione doppia si verifica quando il danno all'area X peggiora la prestazione al compito A, ma non al compito B, e un danno all'area Y ha un effetto sul compito B, ma non sul compito A. Le due regioni hanno processi di elaborazione complementari, quindi, modificando l'esempio dell'area di Broca, possiamo aggiungere altre informazioni per renderla una dissociazione doppia. Un danno all'area di Wernicke danneggia la comprensione ma non l'abilità di parla-

re in modo fluente. Una dissociazione doppia identifica se due funzioni cognitive siano indipendenti l'una dall'altra, cosa che una dissociazione semplice non consente. Una dissociazione doppia può anche essere ricercata quando si comparano vari gruppi, dove il gruppo 1 fornisce una prestazione peggiore nel compito X (ma non nel compito Y) e il gruppo 2 nel compito Y (ma non nel compito X). Le performance dei due gruppi possono essere confrontate tra loro, oppure, più frequentemente, la performance del gruppo di pazienti può essere messa a confronto con un gruppo di controllo che non mostri alcun deterioramento della prestazione in nessuno dei compiti. In una dissociazione doppia non ha senso sostenere che la differenza nelle prestazioni derivi semplicemente da differenze di sensibilità tra i due compiti. Le dissociazioni doppie forniscono la prova neuropsicologica più accreditata che un paziente, o un gruppo di pazienti, presenti un deficit selettivo in una determinata operazione cognitiva.

RIQUADRO 6.2 ■ TEMI CALDI DELLA SCIENZA

Un futuro pazzesco e selvaggio per la lettura del pensiero

I metodi di lettura del pensiero forniscono uno strumento potente per testare le teorie sulla percezione, e i ricercatori si chiedono se i segnali come la risposta BOLD possano essere usati per predire che cosa una persona stia guardando o persino immaginando. La ricerca corrente ha anche dimostrato la misura in cui i metodi di neuroimmagine possano essere utilizzati per sviluppare mappe funzionali di domini di pensiero molto più astratti. Sono state identificate reti coinvolte nello sviluppo degli atteggiamenti sociali, nella formulazione di giudizi morali e nelle esperienze religiose. Altri studi si sono preposti di caratterizzare l'attività cerebrale in popolazioni atipiche, come le risposte degli psicopatici a film che raffigurano comportamenti violenti. I lavori in queste aree hanno portato allo sviluppo di mappe cerebrali del ragionamento morale, del giudizio, dell'inganno e delle emozioni.

È possibile immaginare che, con modelli sofisticati, i pattern di attività tra queste mappe possano rivelare le prefe-

renze, gli atteggiamenti o i pensieri di un individuo. La lettura del pensiero con questi obiettivi suona come la trama di un brutto film e, certamente, queste idee, se realizzate, hanno potenzialmente molte implicazioni etiche. Al centro di queste preoccupazioni ci sono scenari in cui i pensieri di una persona potrebbero essere accuratamente determinati dall'esame dell'attività cerebrale di quella persona in risposta a vari stimoli.

Quali standard sono necessari per stabilire che i segnali di lettura del pensiero sono affidabili (Illes & Racine, 2005)? Di certo non vorremmo applicare la convenzione basata su $p < 0,05$, usata in molti studi scientifici; se, per esempio, volessimo usare la lettura del pensiero per determinare le tendenze alla psicopatia, non accetteremmo una diagnosi errata in un caso su 20. In aggiunta, dovremmo tenere a mente che la lettura del pensiero è correlazionale per natura.

Tuttavia, anche assumendo che tali scelte possano essere compiute e siano

accurate, rimarrebbe comunque il problema della convinzione delle persone sul fatto che i loro pensieri siano privati e riservati.

Che cosa dobbiamo considerare, quindi, se divenisse possibile decodificare i pensieri delle persone senza il loro consenso o contro la loro volontà? Esistono circostanze in cui i pensieri privati dovrebbero essere resi pubblici? Per esempio, i pensieri di una persona dovrebbero essere resi ammissibili nelle aule di un tribunale, come lo è ora la prova del DNA? Una giuria dovrebbe avere accesso ai pensieri dei pedofili, degli imputati per omicidio o dei terroristi – o anche dei testimoni – per determinare se stiano dicendo la verità o abbiano false memorie? I selezionatori dovrebbero avere accesso ai pensieri dei candidati per lavori che implicano bambini o per un lavoro in polizia, o per qualunque altro lavoro nel campo della sicurezza? E chi altri dovrebbe avere accesso a queste informazioni?

6.4 Specificità per il riconoscimento di oggetti nelle aree visive di ordine superiore

Quando incontriamo qualcuno, per prima cosa lo guardiamo in faccia. In nessuna cultura gli individui guardano i pollici, le ginocchia o altre parti del corpo per riconoscersi l'uno con l'altro. La tendenza a focalizzarsi sui volti riflette un comportamento che è profondamente radicato nella nostra storia evolutiva. Le caratteristiche facciali ci indicano l'età, lo stato di salute e il genere, mentre le espressioni ci forniscono indizi salienti sullo stato emotivo, aiutandoci a distinguere fra piacere e dispiacere, amicizia e antagonismo, intesa e confusione.

Il viso, in particolare gli occhi, di un'altra persona possono fornire indizi significativi su cosa sia importante nel suo ambiente. Guardare le labbra di qualcuno mentre sta parlando ci aiuta a comprendere le parole più di quanto possiamo realizzare. Queste osservazioni, combinate con i resoconti neuropsicologici di pazienti che hanno difficoltà a riconoscere i volti, hanno portato i ricercatori a indagare i meccanismi neurali che sottostanno alla percezione dei volti.

■ L'elaborazione dei volti è speciale?

Sembra ragionevole supporre che il nostro cervello posseda un sistema universale per riconoscere ogni genere di input

visivo, tra cui i volti costituiscono solo un'importante classe di problemi da risolvere. Tuttavia, le evidenze suggeriscono diversamente. Molteplici studi sostengono che la percezione dei volti non utilizzi gli stessi meccanismi di elaborazione usati per il riconoscimento di oggetti, ma piuttosto dipenda da una rete specializzata di regioni cerebrali.

Per indagare se il riconoscimento dei volti e altre forme di percezione degli oggetti usino sistemi di elaborazione diversi, dovremmo considerare se esistono particolari regioni del cervello o cellule specializzate che rispondono ai volti, distinte da quelle che rispondono ad altri tipi di stimoli. Se ciò fosse vero, dovremmo poi chiederci se i due sistemi siano indipendenti dal punto di vista funzionale e operativo. La logica di questo quesito è essenzialmente la stessa di quella sottostante all'idea di doppia dissociazione (vedi Capitolo 3). Da ultimo, dovremmo chiederci se i due sistemi elaborino l'informazione in modo diverso. Vediamo quali evidenze possiamo per rispondere a queste domande.

I processi di riconoscimento dei volti e degli altri oggetti coinvolgono meccanismi fisicamente distinti? Benché le evidenze cliniche mostrino che le persone possono avere quelli che sembrano problemi selettivi nella percezione dei volti, le evidenze più convincenti del fatto che esistano meccanismi specifici per la percezione dei volti vengono da studi neuropsicologici sui primati non umani. In uno studio (Baylis *et al.*, 1985) fu registrata l'attività di neuroni

sia la lettura sono danneggiate, mentre la percezione degli oggetti rimane intatta. Di fatto, un'ampia revisione della letteratura sull'agnosia non ha rivelato alcun resoconto affidabile in cui siano presentati pazienti con prosopagnosia e alessia ma con una normale percezione degli oggetti (Farah, 2004).

Nella percezione normale, sia il sistema basato sull'analisi delle parti sia quello olistico operano in modo da produrre un riconoscimento rapido e attendibile. Questi due sistemi di elaborazione convergono su uno stesso percolato, anche se la loro efficacia varierà in base alle diverse classi di stimoli. La percezione dei volti è fondata principalmente su un'analisi olistica dello stimolo, ma nonostante questo siamo spesso in grado di riconoscere qualcuno dal suo naso o dai suoi occhi distintivi. Analogamente, con la pratica, possiamo riconoscere parole in maniera olistica, con poche evidenze di un'analisi dettagliata delle parti.

CONCETTI FONDAMENTALI DA RICORDARE

- La prosopagnosia rappresenta un'incapacità di riconoscere i volti che non può essere attribuita a un deterioramento delle funzioni intellettive.
- La prosopagnosia acquisita è il risultato di un danno neurale come un ictus o un'infezione. La prosopagnosia congenita è un disturbo evolutivo. Individui affetti da PC hanno difficoltà nel riconoscimento dei volti per tutta la vita.
- L'elaborazione olistica è una forma di analisi percettiva che enfatizza la forma globale di un oggetto. Questa modalità di elaborazione è particolarmente importante per la percezione dei volti; riconosciamo un volto dalla configurazione d'insieme delle sue sembianze, e non dalle sembianze stesse.
- L'elaborazione basata sull'analisi delle parti è una forma di analisi percettiva che pone in risalto le parti componenti di un oggetto. Questa modalità di elaborazione è importante per la lettura, dove la forma generale delle parole viene scomposta nelle sue parti costituenti.

RIASSUNTO

In questo capitolo abbiamo tracciato un quadro generale dei processi d'ordine superiore coinvolti nella percezione visiva e nel riconoscimento degli oggetti. Gli esseri umani, al pari della maggioranza dei mammiferi, sono creature guidate dalla vista: la maggior parte di noi fa affidamento sulla visione per identificare non soltanto che cosa stia guardando ma anche dove guardare e, così, guidare le proprie azioni. Questi processi sono sicuramente interattivi. Per mettere in atto un comportamento che richiede abilità e destrezza, come afferrare al volo un oggetto lanciato, dobbiamo determinare la forma e la grandezza dell'oggetto e individuarne la traiettoria nello spazio, in modo da prevedere il punto in cui posizionare le mani.

Il riconoscimento degli oggetti si può realizzare in una molteplicità di modi e implica molti livelli di rappresentazione. Ha inizio con l'informazione bidimensionale fornita dalla retina. Il nostro sistema visivo deve superare il problema della variabilità intrinseca dell'input sensoriale, estraendo le informazioni critiche che distinguono una forma da un'altra. Perché la percezione degli oggetti sia utile, il contenuto dell'elaborazione in corso deve essere messo in relazione con le conoscenze sugli oggetti visivi depositate in memoria. Noi non vediamo una serie senza senso di forme e figure; la percezione visiva è, piuttosto, un canale molto efficiente per riconoscere il mondo e interagire con esso (per es. per determinare quale percorso seguire

in una stanza ingombra di oggetti o quali attrezzi renderanno le nostre azioni più efficienti).

Inoltre, la visione è uno strumento fondamentale per realizzare uno degli scopi essenziali della percezione: riconoscere gli altri membri della nostra specie. La teoria evolutivista suggerisce che l'importanza della percezione dei volti possa aver portato all'evoluzione di una forma di rappresentazione alternativa, capace di analizzare rapidamente la configurazione globale di uno stimolo, anziché le sue singole parti. D'altra parte, potrebbero essersi evolute molteplici forme di rappresentazione, ed è possibile che la percezione dei volti sia relativamente unica, essendo altamente dipendente da una forma olistica di rappresentazione.

La nostra conoscenza del modo in cui vengono codificate le informazioni sugli oggetti ha condotto allo sviluppo di sorprendenti tecniche che consentono agli scienziati di dedurre i contenuti del pensiero a partire dall'osservazione dei segnali fisiologici, come la risposta BOLD. Questa forma di lettura del pensiero, o decodifica, rende possibile avanzare inferenze sulle categorie generali degli oggetti visti o immaginati (per es. volti contro luoghi). Essa può anche essere usata per avanzare stime ragionevoli sulle specifiche immagini. La decodifica cerebrale può offrire nuove vie nella comunicazione umana.

PAROLE CHIAVE

Agnosia (pag. 236)
 Agnosia visiva (pag. 236)
 Agnosia visiva appercettiva (pag. 266)
 Agnosia visiva associativa (pag. 268)
 Agnosia visiva integrativa (pag. 267)
 Alessia (pag. 276)
 Area extrastriata per i corpi (EBA) (pag. 263)
 Area fusiforme per i corpi (FBA) (pag. 263)

Area fusiforme per i volti (FFA) (pag. 258)
 Area paraippocampale per i luoghi (PPA) (pag. 263)
 Atassia ottica (pag. 238)
 Corteccia occipitale laterale (LOC) (pag. 238)
 Costanza dell'oggetto (pag. 232)
 Effetto di soppressione da ripetizione (RS) (pag. 242)

Elaborazione olistica (pag. 276)
 Prosopagnosia (pag. 273)
 Spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS) (pag. 242)
 Unità gnostica (pag. 244)
 Via dorsale (occipitoparietale) (pag. 233)
 Via ventrale (occipitotemporale) (pag. 233)

SPUNTI DI RIFLESSIONE

1. Quali sono alcune delle differenze tra la via visiva dorsale e quella ventrale rispetto alle modalità di elaborazione? In quale modo queste differenze sono utili? In che senso è fuorviante implicare una dicotomia funzionale tra queste due distinte vie visive?
2. La signorina S. ha subito di recente una lesione cerebrale. Sostiene di avere, in seguito alla lesione, una difficoltà a “vedere”. Il suo neurologo ha formulato in via preliminare una diagnosi di “agnosia”, senza annotare nulla di più specifico. Per determinare l’esatta natura dei suoi problemi percettivi viene richiesto il parere di un neuropsicologo cognitivo. Di quali test comportamentali e di neuroimmagine si potrebbe avvalere il neuropsicologo per formulare una diagnosi più precisa? Quali risultati supporterebbero le possibili diagnosi? Si ricordi che è importante anche condurre test per determinare se il deficit della paziente rifletta un problema più generale di percezione visiva o di memoria.
3. Riconsiderate le diverse ipotesi proposte per spiegare il fatto sconcertante che le lesioni cerebrali possono causare un danno molto più grave nel riconoscimento delle entità viventi. Quali prove darebbero maggior sostegno a un’ipotesi rispetto all’altra?
4. Immaginate di avere ricevuto, nel contesto di un dibattito a squadre, il compito di difendere la teoria che nel cervello si è evoluto un sistema specializzato per la percezione dei volti. Quali argomenti portereste per sostenere la vostra posizione? Ora passate dall’altra parte. Provate adesso a difendere la posizione secondo la quale la percezione dei volti dipende dal funzionamento di un sistema molto efficiente nell’operare sottili discriminazioni.
5. L’EEG rappresenta un’affascinante alternativa alla fMRI per la lettura del pensiero, in quanto un paziente non deve essere rinchiuso in uno scanner per far funzionare il sistema. Descrivete quali tipi di problemi l’EEG potrebbe presentare per la lettura del pensiero e suggerite possibili soluzioni.

LETTURE CONSIGLIATE

- Farah, M.J. (2004), *Visual Agnosia* (2nd ed.), Cambridge, MA: MIT Press.
- Goodale, M.A., Milner, A.D. (2004), *Sight unseen: An exploration of conscious and unconscious vision*, Oxford: Oxford University Press.
- Kornblith, S., Tsao, D.Y. (2017), How thoughts arise from sights: Inferotemporal and prefrontal contributions to vision, *Current Opinion in Neurobiology*, 46, 208-218.
- Mahon, B.Z., Caramazza, A. (2011). What drives the organization of object knowledge in the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 97-103.
- Martin, A. (2007). The representation of object concepts in the brain, *Annual Review of Psychology*, 58, 25-45.
- Naselaris, T., Kay, K.N., Nishimoto, S., Gallant, J.L. (2011), Encoding and decoding in fMRI, *Neuroimage*, 56(2), 400-410.
- Peterson, M.A., Rhodes, G. (Eds.) (2006), *Perception of faces, objects, and scenes: Analytic and holistic processes*, Oxford: Oxford University Press.

Michael S. Gazzaniga, Richard B. Ivry, George R. Mangun

Neuroscienze cognitive

Terza edizione italiana condotta sulla quinta edizione americana

A cura di Alice Mado Proverbio e Alberto Zani

Una delle sfide fondamentali che un testo di neuroscienze cognitive deve affrontare è determinare i propri principi distintivi rispetto alla psicologia fisiologica, alle neuroscienze, alla psicologia cognitiva e alla neuropsicologia, discipline con cui le neuroscienze cognitive si intersecano e delle quali sintetizzano gli approcci disciplinari. Esse hanno inoltre rapporti stretti con discipline che si collocano al di fuori del dibattito mente-cervello, come la scienza dei sistemi e la fisica, ed è importante stabilire la natura del contributo che anche queste ultime possono dare.

La terza edizione italiana di *Neuroscienze cognitive* ha raccolto questa sfida puntando a cogliere l'equilibrio tra le teorie psicologiche, con focus sulla mente, e le evidenze neuropsicologiche e neuroscientifiche sul cervello, che supportano tali teorie. Quest'opera non sposa, quindi, un approccio puramente cognitivo o neuropsicologico, ma sottolinea invece temi su cui c'è una convergenza di prove che provengono dai due ambiti, un aspetto cruciale per qualsiasi scienza e in particolare per gli studi sulle funzioni mentali superiori.

Per illustrare i punti essenziali della disciplina e acquisire gli strumenti per comprendere l'architettura della cognizione, gli autori fanno ampio ricorso ai casi clinici, preferendo questo approccio didattico a una descrizione esaustiva dei disturbi cerebrali: tra i loro obiettivi c'è infatti quello di indurre chi studia a porsi le stesse domande che potrebbe farsi chi si occupa di ricerca in questo campo, oltre che a concretizzare la formazione del proprio spirito critico.

Ogni paragrafo è costruito sulla base delle informazioni e delle opinioni teoriche più attuali, supportate da evidenze tecnologiche d'avanguardia. I rapporti tra mente e cervello sono indagati utilizzando un'ampia gamma di tecniche, come l'imaging cerebrale funzionale e strutturale, la registrazione neurofisiologica negli animali, la registrazione di EEG e MEG negli esseri umani, i metodi di stimolazione cerebrale e l'osservazione di sindromi cliniche che derivano da danno cerebrale. Di queste tecniche si evidenziano punti di forza e punti di debolezza, per sottolineare l'importanza di utilizzarle in modo complementare. Infine, sono forniti anche esempi di ricerche che si avvalgono di tecniche computazionali.

Michael S. Gazzaniga è il direttore del Sage Center for the Study of the Mind presso la University of California, Santa Barbara. È tra i fondatori del Journal of Cognitive Neuroscience e della Cognitive Neuroscience Society.

Richard B. Ivry è professore di psicologia e neuroscienze presso la University of California, Berkeley.

George R. Mangun è professore di psicologia e neurologia presso la University of California, Davis.

Le risorse multimediali



online.universita.zanichelli.it/gazzaniga3e

A questo indirizzo sono disponibili le risorse multimediali di complemento al libro. Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su my.zanichelli.it inserendo il codice di attivazione personale contenuto nel libro.

GAZZANIGA*NEUROSCIENZE COGN 3E LUM

ISBN 978-88-08-32025-4



9 788808 320254

2 3 4 5 6 7 8 9 0 (60A)

Al pubblico € 76,00 •••

In caso di variazione Iva o cambiamento prezzo consultare il sito o il catalogo dell'editore

www.zanichelli.it