



Percepire il movimento

CONTENUTI DEL CAPITOLO

Funzioni della percezione del movimento

Il movimento ci aiuta a comprendere gli eventi nel nostro ambiente

Il movimento attira l'attenzione

Il movimento fornisce informazioni sugli oggetti

Studiando la percezione del movimento

Quando è che noi percepiamo il movimento?

Comparare movimento reale e apparente

Cosa vogliamo spiegare

Percezione del movimento: informazioni sull'ambiente

Percezione del movimento: informazioni retina/occhio

Il detector Reichardt

Teoria della fuoriuscita del corollario

La percezione del movimento e il cervello

L'area del cervello per il movimento

Gli effetti di lesioni e microstimolazione

Il movimento dal punto di vista di un singolo neurone

Il movimento e il corpo umano

Movimento apparente del corpo

Il movimento dei camminatori di punti-luce

Moto figurativo: risposte di movimento a immagini fisse

Something to consider: la percezione degli eventi

L'immagine del Laboratorio Virtuale ti indirizza a specifiche animazioni e video progettati per aiutarti a visualizzare ciò di cui stai leggendo. I Laboratori Virtuali sono elencati alla fine del capitolo, accordati alla pagina su cui appaiono, e vi si può accedere attraverso Psychology CourseMate.

Alcune domande che prenderemo in considerazione:

-Perché alcuni animali si paralizzano quando percepiscono il pericolo? (pag. 177)

-Quando analizziamo o camminiamo in una stanza la sua immagine si sposta attraverso la retina, ma noi percepiamo la stanza e gli oggetti al suo interno come se rimanessero fermi. Perché ciò accade? (pag. 182)

-Perché il movimento del corpo umano è speciale? (pag. 190)

Noi siamo sempre in azione, a volte in modo drammatico – come nel giro in bici di Serena nel capitolo 7 (pag. 153) – o in modo abitudinario, come quando prendiamo una tazza di caffè o camminiamo in una stanza. A prescindere da qualsiasi forma assuma l'azione, essa include il movimento, e una delle cose che rende lo studio della percezione del movimento sia affascinante che impegnativo è il fatto che noi non siamo semplici osservatori passivi del movimento degli altri. Noi stessi siamo spesso in movimento. Pertanto, noi percepiamo il movimento sia quando siamo fermi, sia quando guardiamo gli altri attraversare la strada (figura 8.1a), e lo percepiamo anche quando siamo noi stessi a muoverci, come per esempio accade giocando a basketball (figura 8.1b). In questo capitolo vedremo che sia il “semplice” caso di un osservatore stazionario che percepisce il movimento, sia il caso più complicato di un osservatore in movimento coinvolgono complessi meccanismi “dietro le quinte”.

La nostra percezione del movimento dipende dal movimento delle immagini attraverso la nostra retina, come accadrebbe se questi uccelli volassero all'interno del nostro campo visivo, e dai segnali generati dal movimento dei nostri occhi, come succederebbe se seguissimo i movimenti degli uccelli, oltre che dai meccanismi cognitivi basati su quello che abbiamo imparato osservando il nostro ambiente. La nostra percezione di questa immagine, come se gli uccelli fossero in movimento, è basata sulla nostra conoscenza generale di questi animali e su certi indizi di movimento, come l'immagine sfocata di alcuni uccelli.

a)



b)



Figura 8.1 La percezione del movimento avviene quando (a) un osservatore stazionario percepisce stimoli in movimento, come questa coppia che sta attraversando la strada; e quando (b) un osservatore in movimento, come questo giocatore di basketball, percepisce stimoli in movimento, come gli altri giocatori all'interno del campo.

Funzioni della percezione del movimento

La percezione del movimento ha una serie di funzioni differenti, che vanno dal fornirci aggiornamenti su cosa sta succedendo, all'aiutarci a percepire le cose, come le forme

degli oggetti e gli stati d'animo delle persone. Forse la più importante di tutte, specialmente per gli animali, è il fatto che la percezione del movimento sia strettamente legata alla sopravvivenza.

Il movimento ci aiuta a comprendere gli eventi nel nostro ambiente

Quando camminate in un centro commerciale, guardando i display nelle vetrine dei negozi, state osservando anche altre azioni – un gruppo di persone impegnate in un'animata conversazione, una commessa che risistema pile di vestiti e poi cammina fino alla cassa per aiutare un cliente, un programma TV in un ristorante che riconosci rappresentare un momento drammatico di una soap opera.

La gran parte di ciò che osservate comprende informazioni fornite dal movimento. I gesti delle persone nel gruppo indicano l'intensità della loro conversazione; i movimenti della commessa ci dicono cosa sta facendo e i cambiamenti nel movimento ci indicano che è passata ad un altro compito; e, per finire, il movimento segnala, anche in assenza di suoni, che qualcosa di importante sta accadendo nella soap opera (Zacks, 2004; Zacks e Swallow, 2007). Una dimostrazione particolarmente convincente del potere del movimento nel dire cosa sta succedendo è stata fornita da Fritz Heider e Marianne Simmel (1944), i quali hanno dimostrato che un filmato animato di due minuti e mezzo a dei soggetti e hanno chiesto loro di descrivere cosa stava succedendo nel video. Il video comprendeva una "casa" e tre "personaggi" – un piccolo cerchio, un piccolo triangolo e un triangolo grande. Questi oggetti geometrici si muovevano in giro, sia all'interno che all'esterno della casa, e qualche volta interagivano tra di loro. (Figura 8.2)

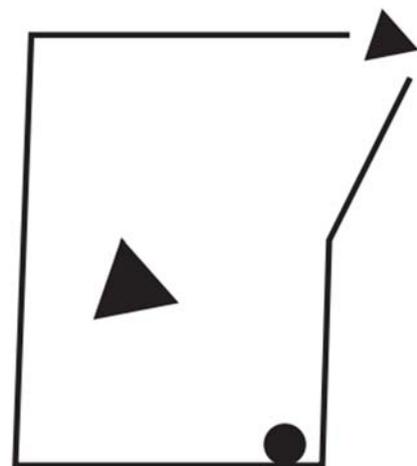


Figura 8.2 Un'immagine tratta dal filmato usato da Heider e Simmel (1944). Gli oggetti si muovevano in varie direzioni, andando dentro e fuori dalla "casa" e a volte interagendo tra loro. La natura del movimento portava i soggetti a inventare storie che spesso descrivevano gli oggetti come se avessero sentimenti, motivazioni, personalità...

Nonostante i personaggi fossero degli oggetti geometrici, i soggetti creavano storie per spiegare le azioni degli oggetti, e spesso gli attribuivano caratteristiche e personalità umane. Per esempio, un partecipante descrisse il cerchio e il triangolo piccolo come una coppia che stava cercando di rimanere da sola in casa, ma poi il triangolo grande (“il bullo”) entrava e li interrompeva. Il triangolo piccolo, che non aveva apprezzato l'intrusione, attaccava il triangolo grande. Chi avrebbe mai pensato che il mondo degli oggetti geometrici potesse essere così interessante?

Tornando al mondo delle persone, la percezione del movimento è essenziale per la nostra abilità di muoverci attraverso l'ambiente. Come abbiamo visto nel capitolo 7, quando abbiamo descritto come le persone navigano (vedi pag. 157), una fonte di informazioni su dove stiamo andando e quanto velocemente ci stiamo muovendo è il modo in cui gli oggetti nell'ambiente fluiscono davanti a noi mentre ci muoviamo. Quando una persona si muove in avanti, gli oggetti si muovono nella direzione opposta a quella della persona. Questo movimento, chiamato *flusso ottico* (figura 7.1 e 7.2 pag.154), ci fornisce informazioni sulla direzione e sulla velocità del passante. Nel capitolo 7 abbiamo discusso di come possiamo usare queste informazioni per aiutarci a mantenere la rotta.

Nonostante il movimento fornisca informazioni su cosa stia succedendo e sulla direzione verso cui ci stiamo muovendo, esso fornisce anche informazioni su azioni più sottili. Considerate, per esempio, l'azione di versare dell'acqua in un bicchiere. Mentre versiamo l'acqua, guardiamo il livello crescere, e questo ci aiuta a capire quando smettere di versare. Possiamo apprezzare l'importanza di questa abilità considerando il caso di una donna di 43 anni che ha perso la capacità di percepire il movimento in seguito ad un ictus che ha danneggiato un'area della sua corteccia coinvolta nella percezione del movimento. La sua condizione, chiamata *akinetopsia* (cecità al movimento), le rese difficile versare del tè o del caffè in una tazza perché il liquido le appariva congelato, pertanto non poteva accorgersi che il fluido stava salendo nella tazza e aveva problemi a capire quando smettere di versare. Per lei era diventato complicato anche seguire dei dialoghi, perché non poteva vedere il movimento sul viso dell'interlocutore o della bocca. (Zihl et al., 1983, 1991). Ma la conseguenza più drammatica della sua lesione al cervello era vedere le persone apparire o scomparire all'improvviso, perché non era in grado di vederle mentre si avvicinavano. Attraversare la strada rappresentava un serio problema perché all'inizio una macchina poteva sembrare molto lontana, ma poi, all'improvviso, senza avvertimenti, poteva apparire molto vicina. Questa disabilità non fu solo un inconveniente sociale, ma una minaccia bella e buona per il benessere della donna, che raramente si avventurò fuori nel mondo degli oggetti in movimento e, talvolta, pericolosi. Questo crollo nella capacità di percepire il movimento ci fornisce una dimostrazione drammatica dell'importanza della percezione del movimento nella vita di tutti i giorni.

Il movimento cattura l'attenzione

Mentre cerchi di trovare il tuo amico tra la marea di facce nella sezione studenti dello stadio, ti accorgi che non hai idea di dove guardare. Ma all'improvviso vedi una persona che sta salutandoti e riconosci che è il tuo amico. L'abilità del movimento di attirare l'attenzione è chiamata *cattura dell'attenzione*. Questo effetto non si verifica solamente quando stai consapevolmente cercando qualcosa, ma anche quando stai prestando attenzione a qualcos'altro. Per esempio, mentre stai avendo una conversazione, la tua attenzione può essere improvvisamente catturata da qualcosa in movimento nella tua visione periferica.

Il fatto che il movimento attiri l'attenzione gioca un ruolo importante nella sopravvivenza degli animali. Probabilmente, avrete visto degli animali paralizzarsi in un posto appena avvertono il pericolo. Se lo scopo di un topo è quello di non essere individuato da un gatto, la prima cosa che può fare è smettere di muoversi. Bloccarsi in un posto non elimina solamente l'effetto di cattura dell'attenzione da parte del movimento, ma rende anche più difficile, per il gatto, riuscire a distinguere il topo dallo sfondo.

Il movimento ci fornisce informazioni sugli oggetti

L'idea che non muoversi possa aiutare un animale a fondersi col paesaggio circostante è illustrata dalla seguente dimostrazione.

DIMOSTRAZIONE

Percepire un uccello mimetizzato

Per questa dimostrazione avrete bisogno di preparare degli stimoli fotocopiando l'uccello e il disegno con le linee tratteggiate nella figura 8.3. Poi ritagliate l'uccello e il motivo di linee in modo che siano separati. Mettete l'immagine dell'uccello di fronte ad una finestra durante il giorno; girate sottosopra il disegno con le linee, così che la parte tratteggiata sia rivolta verso la finestra (voi dovrete vedere il lato bianco del foglio) e posizionatelo sopra al foglio con l'uccello. Se la finestra è sufficientemente illuminata dalla luce del giorno, dovrete riuscire a vedere il disegno con le linee tratteggiate. Notate come questa composizione renda molto più difficile vedere l'uccello. Dopodiché, fate passare l'immagine dell'uccello avanti e indietro sotto l'altro disegno, e notate cosa succede nella vostra percezione dell'uccello (da Regan, 1986).



Figura 8.3 L'uccello si mimetizza quando le linee randomizzate vi si sovrappongono. Quando l'uccello viene spostato nella direzione delle linee diventa visibile; un esempio di come il movimento rafforzi la percezione della forma.

È difficile vedere l'uccellino fisso quando è coperto dal disegno perché ambedue sono creati da linee simili. Ma nel momento stesso in cui tutti gli elementi dell'uccellino cominciano a muoversi nella medesima direzione, l'uccellino diventa visibile. Il movimento ha organizzato percettivamente tutti gli elementi dell'uccellino, così da creare una figura che fosse separata dallo sfondo. Tornando al nostro topolino che si nasconde dal gatto, possiamo dire che è vantaggioso per il topo restare immobile perché ciò fa diminuire le possibilità che quest'ultimo diventi percettivamente separato dal suo ambiente nella mente del gatto. Potresti dire, come reazione alla dimostrazione dell'uccellino camuffato, che nonostante il movimento renda l'uccellino facile da percepire in presenza di un groviglio di linee scure, questo sembra essere un caso particolare perché la maggior parte degli oggetti che vediamo non sono mascherati. Ma se ben ricordi l'argomentazione del Capitolo 5 (pagina 97) in merito a come oggetti ancora visibili chiaramente possano essere ambigui, puoi comprendere come il movimento di un oggetto possa rivelare caratteristiche dello stesso che non sono così ovvie viste stazionariamente una singola volta (**Figura 8.4a**).



Figura 8.4 (a) La figura e le caratteristiche di quest'auto si rivelano distintamente quando diventano visibili mentre si muove. (b) Muoversi attorno a questo "cavallo" ne rivela la sua reale figura.

Il movimento di un osservatore attorno a un oggetto causa un effetto simile: guardare il "cavallo" nella **Figura 8.4b** da diverse prospettive rivela che la sua forma non è esattamente ciò che ci si aspetterebbe basandosi sulla prima osservazione. Pertanto, il nostro movimento relativo agli oggetti aggiunge costantemente l'informazione che abbiamo degli oggetti, e cosa più rilevante per questo capitolo, riceviamo una simile informazione quando gli oggetti si muovono rispetto a noi. Chi osserva percepisce le figure molto più rapidamente e accuratamente quando un oggetto si sta muovendo (Wexler e c., 2001).

Studiando la percezione del movimento

Per descrivere come viene studiata la percezione del movimento, una prima domanda da prendere in considerazione è: *quand'è che percepiamo il movimento?*

Quando si percepisce il movimento?

La risposta a questa domanda potrebbe sembrare ovvia: percepiamo il movimento quando qualcosa si muove attraverso il nostro campo visivo. L'effettivo movimento di un oggetto è definito come un moto reale.

Percepire un'auto che si sposta, persone che camminano, o un insetto che si aggira sul piano del tavolo, sono tutti esempi di percezione di un movimento reale. Ci sono inoltre una serie di possibilità di produrre la percezione del movimento, coinvolgendo stimoli che non si muovono. La percezione del movimento, quando effettivamente non sussiste, si chiama movimento illusorio.

Il tipo di movimento illusorio più famoso, e meglio studiato, è denominato movimento apparente. Abbiamo introdotto il moto apparente nel Capitolo 5, quando è stata presentata la storia sull'osservazione fatta da Wertheimer, che quando due stimoli, presentati in posizioni leggermente differenti, sono alternati a tempo corretto, un osservatore percepisce uno stimolo muoversi regolarmente avanti e indietro tra le due posizioni (**Figura 8.5a**).

Questa percezione è chiamata movimento apparente perché non c'è un effettivo (o reale) movimento tra gli stimoli.

Questo processo sta alla base del movimento che noi percepiamo nei film, alla televisione e nei segnali mobili utilizzati per la pubblicità e l'intrattenimento (**Figura 8.5b**). (Vedi anche Figura 5.15, pagina 101).

Il **movimento indotto** si verifica quando il moto di un oggetto (solitamente uno grande) fa percepire un oggetto fisso vicino (solitamente più piccolo), in movimento. Ad esempio, la luna di solito ci appare fissa nel cielo. Tuttavia, se le nuvole si muovono oltre la luna in una notte ventosa, la luna sembrerebbe correre tra le nuvole. In questo caso, il movimento dell'oggetto più grande (le nuvole coprono una vasta area) fa percepire la piccola luna in movimento, nonostante essa sia in realtà fissa.

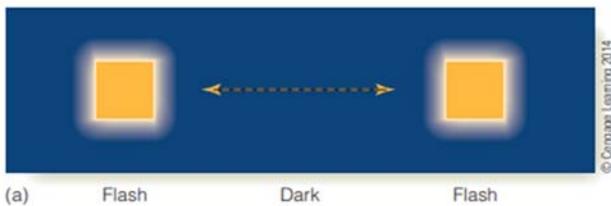


Figura 8.5 Movimento apparente (a) tra due punti quando essi sono abbagliati uno dopo l'altro; (b) su segnali mobili. La nostra percezione delle parole che si muovono lungo un display illuminato è così persuasivo che è spesso difficile realizzare che segnali come questo sono semplici puntini che lampeggiano.

Gli **effetti postumi del movimento** si verificano quando guardando uno stimolo in movimento per 30-60 secondi pare che uno stimolo stazionario si muova. Un esempio di un effetto postumo del movimento è l'**illusione della cascata** (Addams, 1834) (**Figura 8.6a**).



Figura 8.6 Conseguenze del movimento della cascata. (a) L'osservazione del movimento in una direzione, come accade guardando una cascata, può provocare (b) un cambiamento di percezione di movimento nella direzione opposta, indicata dalle frecce, quando si guardano oggetti stazionari nell'ambiente.

Se guardi una cascata da 30 a 60 secondi (assicurati che copra una sola parte del tuo campo visivo) e poi sposti lo sguardo di lato su una parte della scena che è invece fissa, vedrai tutto ciò che stai osservando – rocce, alberi, erba – spostarsi per alcuni secondi (**Figura 8.6b**). Ricerche che studiano la percezione del movimento hanno analizzato tutte le tipologie di movimento percepito sopra descritte – e tante altre (Blaser & Sperling, 2008; Cavanagh, 2011).

Tuttavia la nostra intenzione non è di comprendere ogni tipo di percezione del movimento, bensì di capire in generale alcuni dei principi che governano la percezione del movimento. Per fare questo, ci focalizzeremo sul movimento reale e apparente.

Movimento reale e apparente a confronto

Per molti anni, i ricercatori hanno esaminato il movimento apparente creato da oggetti o immagini stazionarie luminose, e il movimento reale originato da un moto effettivo nello spazio, come se questi fossero fenomeni separati, governati da diversi meccanismi.

Tuttavia, c'è un'ampia evidenza di come queste due tipologie di movimento abbiano molte cose in comune. Ad esempio, Axel Larsen e collaboratori (2006) presentarono tre tipi di schermi a una persona in uno scanner fMRI: (1) *una condizione di controllo*, in cui due punti in posizioni leggermente diverse venivano illuminati simultaneamente (**Figura 8.7a**); (2) *un display di un movimento reale*, nel quale un piccolo punto si spostava avanti e indietro (**Figura 8.7b**); e (3) *un display di un movimento apparente*, dove i punti venivano illuminati uno dopo l'altro in modo che sembravano muoversi avanti e indietro (**Figura 8.7c**).

I risultati ottenuti da Larsen sono mostrati sotto gli schermi dei punti. L'area colorata di blu nella Figura 8.7a è l'area della corteccia visiva attivata dai punti di controllo, che vengono percepiti come due punti che simultaneamente lampeggiano a intermittenza senza alcun movimento tra di loro. Nella Figura 8.7b, il rosso indica l'area della corteccia attivata dal

reale movimento del punto. Nella Figura 8.7c, il giallo indica invece l'area della corteccia attivata dal display del movimento apparente. Notare che l'attivazione associata al movimento apparente assomiglia a quella sul display del movimento reale.

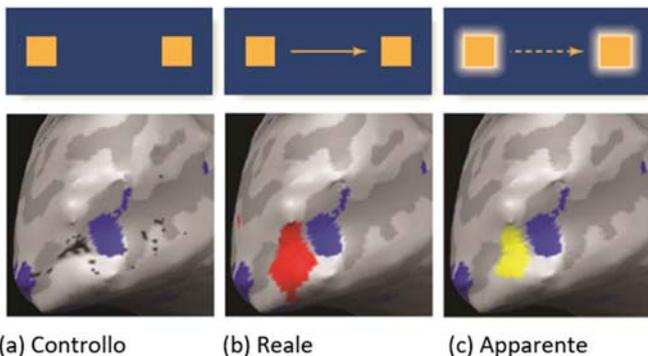


Figura 8.7 Tre condizioni nell'esperimento diretto da Larsen (2006): (a) condizione di controllo; (b) movimento reale; (c) movimento apparente (punti lampeggianti). Sopra sono riportati gli stimoli, e sotto l'attivazione cerebrale derivante. In (c), il cervello è attivato nello spazio che rappresenta l'area tra i due punti, dove il movimento veniva percepito ma non era presente alcuno stimolo.

Due punti illuminati che provocano un movimento apparente attivano l'area del cervello che rappresenta lo spazio tra le posizioni dei punti lampeggianti, anche se precedentemente non era stato presentato alcuno stimolo.

A causa delle somiglianze tra le risposte neurali al movimento reale e apparente, i ricercatori studiano contemporaneamente entrambe le tipologie di movimento e si concentrano sulla scoperta generale dei meccanismi che vengono applicati. In questo capitolo, seguiremo questo approccio mentre ricerchiamo i meccanismi generali della percezione del movimento.

Cosa vogliamo chiarire

Il nostro obiettivo è comprendere come percepiamo le cose in movimento. A primo impatto questo potrebbe sembrare un problema semplice. Ad esempio, la **Figura 8.8a** mostra cosa

vede Maria quando guarda dritto avanti mentre Jeremy cammina. Proprio perché lei non muove gli occhi, l'immagine di Jeremy scorre sulla sua retina. Spiegare la percezione del movimento in questo caso sembra piuttosto chiaro, perché mentre l'immagine di Jeremy scorre sulla retina di Maria, la retina stessa stimola una serie di recettori uno dopo l'altro e questa stimolazione segnala il movimento di Jeremy.

La **Figura 8.8b** mostra cosa vede Maria quando segue con gli occhi il movimento di Jeremy. In questo caso, l'immagine di Jeremy resta fissa sulla fovea di Maria, mentre lui si muove. Ciò aggiunge un'interessante complicazione nello spiegare la percezione del movimento, perché nonostante l'immagine di Jeremy rimanga fissa sulla retina di Maria, lei percepisce Jeremy in movimento. Questo significa che la percezione del movimento non può essere spiegata soltanto dal movimento di un'immagine lungo la retina.

Consideriamo cosa succede se Jeremy non è presente e Maria scruta la stanza spostando gli occhi da sinistra verso destra. Quando Maria compie ciò, le immagini delle pareti e gli oggetti nella stanza si muovono lungo la retina verso sinistra (**Figura 8.8c**), ma Maria non vede la stanza o i suoi contenuti come in movimento. In questo caso, vi è movimento attraverso la retina ma nessuna percezione che gli oggetti si muovano. Questo è un ulteriore esempio del perché non possiamo considerare semplicemente cosa sta accadendo sulla retina. La **Tabella 8.1** riassume le tre condizioni nella Figura 8.8.

Nelle sezioni che seguono, considereremo alcuni approcci differenti per , con l'obiettivo di spiegare ognuno delle situazioni nella Figura 8.8 e nella Tabella 8.1. Cominciamo considerando un approccio che si focalizza su come l'informazione nell'ambiente segnali il movimento.



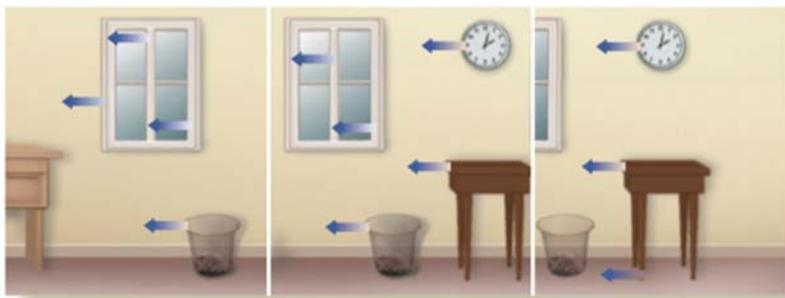


Figura 8.8 Tre situazioni del movimento: (a) Maria è ferma e guarda dritto davanti a sé mentre Jeremy le passa avanti; (b) Maria segue con gli occhi il movimento di Jeremy; (c) Maria scruta la stanza muovendo spostando gli occhi verso destra. (l'assetto ottico e il flusso ottico sono descritti nel prossimo paragrafo).

TABELLA 8.1 Condizioni per percepire o non percepire il movimento

	SITUAZIONE	OGGETTO
1	Sguardo dritto mentre un oggetto si muove davanti	Si muove
2	Seguire con lo sguardo un oggetto in movimento	Si muove
3	Osservare la stanza	Fisso

Percezione di movimento: informazione nell'ambiente

Dalle 3 situazioni nella fig. 8.8 vediamo che la percezione del movimento non può essere spiegata considerando unicamente ciò che accade sulla retina. J.J. Gibson, colui che fondò l'approccio ecologico alla percezione, propose una soluzione a tale problema. Nel cap. 7 abbiamo notato che l'approccio di Gibson (1950, 1966, 1979) prevede il cercare nell'ambiente l'informazione che è utile per la percezione (vedi p. 154). Secondo ciò che dice Gibson, questa informazione per la percezione non è localizzata sulla retina, ma al di fuori, nell'ambiente. Gibson pensava all'informazione nell'ambiente in termini di **assetto ottico** – conformazione creata dalle superfici, dalle strutture e dai contorni dell'ambiente- e si concentrò su come il movimento dell'osservatore causasse dei cambiamenti in questa. Ora vediamo come questo funziona tornando a Jeremy e Maria nella fig. 8.8.

Nella fig. 8.8a, quando Jeremy cammina da un lato all'altro del campo visivo di Maria, parti dell' **assetto ottico** viene coperto quando lui vi cammina davanti e poi scoperte quando si allontana. Questo effetto è chiamato **disturbo locale** dell' assetto ottico. Questo disturbo locale dell' assetto ottico si ha quando Jeremy si muove nell'ambiente coprendo e scoprendo lo sfondo fisso. In relazione a ciò che dice Gibson, questo disturbo locale dell' assetto ottico fornisce l'informazione che Jeremy si sta muovendo nell'ambiente.

Nella fig. 8.8b, Maria segue Jeremy con gli occhi. Anche in questo caso, quando l'immagine di Jeremy appare ferma sulla retina dal momento che Maria muove gli occhi (dato che Gibson non si preoccupa di ciò che accade sulla retina) è presente lo stesso disturbo locale di informazione che si aveva quando Maria teneva fisso lo sguardo: questo disturbo locale di informazione indica che Jeremy si sta muovendo.

Tuttavia, quando Maria esplora la scena nella fig. 8.8c, accade qualcosa di diverso: come i suoi occhi si muovono lungo la scena da sinistra a destra, ogni cosa attorno a lei -le pareti, la finestra, il cestino, l'orologio e i mobili- si muove da sinistra a destra del suo campo visivo. Una situazione simile a questa potrebbe verificarsi se Maria stesse camminando in mezzo alla scena. Il fatto che ogni cosa si muova subito in risposta al movimento degli occhi o del corpo dell'osservatore, è chiamato **flusso ottico globale**; questo indica che l'ambiente è fermo. Dunque, secondo Gibson, il movimento è percepito quando una parte della scena visiva si muove con il resto della scena, mentre, quando l'intero campo visivo si muove o rimane fermo, non viene percepito alcun movimento.

Percezione del movimento: informazione dell'occhio/retina

L'approccio di Gibson si concentra su ciò che si trova "al di fuori" nell'ambiente. Un altro approccio per spiegare le varie situazioni di movimento nella fig. 8.8 è quello di considerare i segnali neurali che viaggiano dall'occhio al cervello.

Il Reichardt Detector

Una prima spiegazione neuronale della percezione del movimento è un circuito neurale proposto da Werner Reichardt (1969) chiamato il **Reichardt detector**. Questi sono neuroni che si attivano solo quando stimolati da immagini in movimento in una sola direzione. La **fig. 8.9** mostra il principio base del Reichardt detector. L'eccitazione e l'inibizione sono organizzate in modo che il movimento in una direzione crei inibizione che elimina la risposta neuronale, mentre il movimento nella direzione opposta crea eccitazione che favorisce la risposta neuronale.

Possiamo capire come funziona seguendo cosa succede quando un puntino luminoso si muove lungo i recettori della retina. Le fig. 8.9a e b mostrano cosa accade quando la luce si muove da sinistra a destra. Il recettore A è il primo ad essere stimolato. La sinapsi tra il recettore A e quello E è eccitatorio (indicato dalla lettera Y), dunque la stimolazione di A eccita E (indicato dal color verde). Il recettore E fa una sinapsi inibitoria con F (indicata dal colore arancione). Mentre accade tutto ciò, la luce si è spostata a destra, verso il recettore B e induce quest'ultimo a rispondere e a mandare un segnale eccitatorio a F, ma, dal momento che F è già stato inibito da E, non conduce il segnale (**fig. 8.9b**). Dunque quando la luce si sta muovendo a destra i segnali che provengono dai recettori A e B non riescono ad oltrepassare F e quindi non raggiungono mai I, il neurone alla fine del circuito.

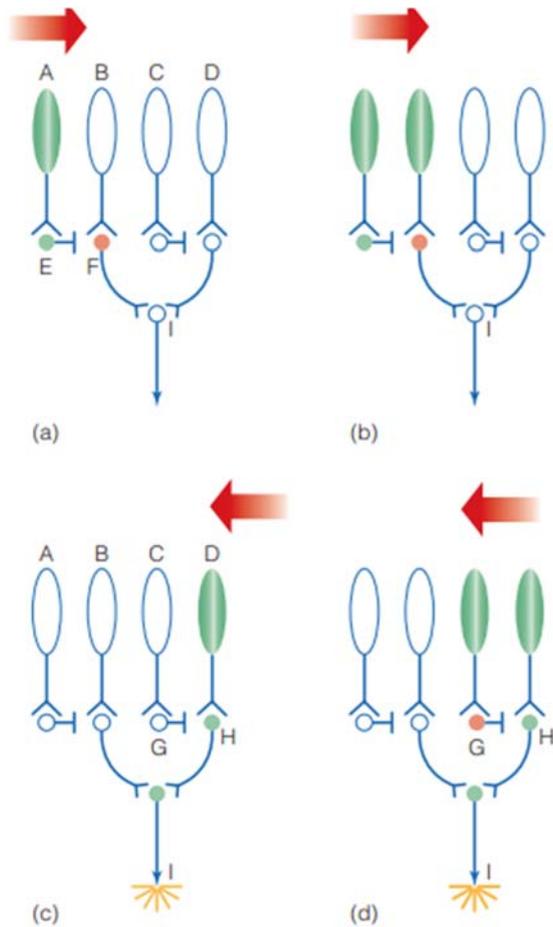


Figura 8.9 circuito neurale di Reichardt. Il verde indica un segnale eccitatorio; l'arancione uno inibitorio. (a) e (b) quando i recettori sono stimolati da sinistra a destra, il neurone I non si eccita. (c) e (d) quando i recettori sono stimolati da destra a sinistra, il neurone I si eccita.

Questo processo viene ripetuto quando lo stimolo si muove lungo i recettori rimanenti. Appare chiaro che quando la luce si muove lungo i recettori da sinistra a destra, il neurone I non risponde. Tuttavia l'esito è differente nel caso in cui la luce parta dal recettore D e si muova verso sinistra. Il recettore D invia un segnale ad H e lo porta (fig. 8.9c) ad inoltrarlo a sua volta e ad eccitare il neurone I. Quando la luce si muove verso sinistra e stimola il recettore C, questo attiva il neurone G che inibisce H. Però questa inibizione arriva troppo tardi, perché H ha già condotto il segnale e stimolato il neurone I (figura 8.9d). Tale processo viene ripetuto quando lo stimolo si muove lungo i recettori rimanenti. Così, quando la luce si sta muovendo verso sinistra, l'inibizione arriva troppo tardi e non riesce a impedire al segnale di colpire il neurone I, così il neurone I si eccita. Perciò il neurone I non si eccita quando si ha il movimento da destra (figura 8.9a e b) e lo fa quando il movimento arriva da sinistra (figura 8.9c e d).

Teoria della scarica corollaria

Il Reichardt detector può individuare il movimento in una specifica direzione, ma è in grado di spiegare solamente la situazione nella figura 8.8a, ovvero quando un'immagine (in

questo caso l'immagine di Jeremy) passa davanti ai recettori. Per spiegare situazioni come quelle rappresentate nella figura 8.8b (quando Maria muove i suoi occhi per seguire il movimento di Jeremy) e nella figura 8.8c (quando Maria esplora la stanza), abbiamo bisogno di prendere in considerazione non solo come si muove la retina, ma anche come si muove l'occhio. La **teoria della scarica corollaria** si concentra proprio sul movimento dell'occhio. Il primo passo nel comprendere tale teoria sta nel considerare come i segnali neurali associati alla retina e ai muscoli oculari sono collegati alle 3 situazioni nella figura 8.8.

Segnali dalla retina e dai muscoli oculari

La teoria della scarica corollaria spiega la percezione del movimento facendo riferimento ai seguenti segnali, che sono generati dal movimento di uno stimolo sulla retina e dal movimento degli occhi.

1. **Un segnale di spostamento dell'immagine (IDS)** (figura 8.10a) si ha quando un'immagine si muove lungo i recettori sulla retina, come quando Jeremy cammina lungo il campo visivo di Maria mentre lei guarda dritto davanti a sé.
2. **Un segnale di moto (MS)** (figura 8.10b) si ha quando viene mandato un segnale dal cervello ai muscoli oculari. Questo segnale avviene quando Maria muove i suoi occhi per seguire il movimento di Jeremy lungo la stanza.
3. **Un segnale di scarica corollaria (CDS)** è simile al segnale di moto, ma in questo caso il segnale non arriva ai muscoli oculari, bensì in un'altra parte del cervello (figura 8.10b). Ciò è analogo al mandare la funzione "cc" (copia) quando si manda una email. La email viene inviata alla persona a cui è stata indirizzata e, simultaneamente, una copia della email viene mandata all'indirizzo di qualcun altro.

Ora che abbiamo introdotto questi segnali, possiamo trovare una soluzione al nostro problema chiedendoci che cosa hanno in comune le situazione 1 e 2 in cui l'oggetto viene percepito muoversi.

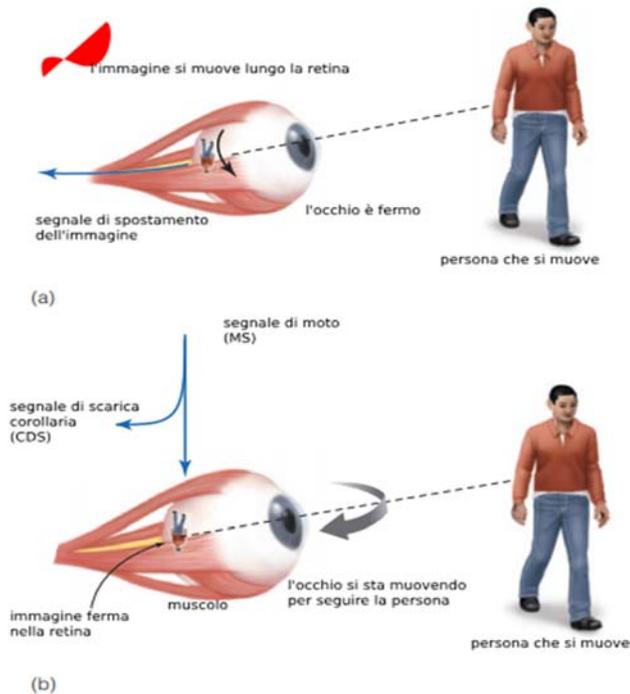


Figura 8.10 (a) quando l'immagine di un oggetto si muove lungo la retina, il movimento crea un segnale di spostamento dell'immagine (IDS). (b) quando un segnale di moto (MS) viene mandato ai muscoli oculari, in modo che l'occhio possa seguire un oggetto in movimento, vi è un segnale di scarica corollaria (CDS), che si divide dal segnale di moto.

Possiamo rispondere a tale domanda concentrandoci sui 2 segnali che vengono trasmessi al cervello: il segnale di spostamento dell'immagine (IDS) e il segnale di scarica corollaria (CDS). Nella situazione 1, quando Maria tiene lo sguardo fisso e l'immagine di Jeremy si muove sulla sua retina, si ha solo un IDS. Nella situazione 2, nella quale Maria muove gli occhi per seguire la figura di Jeremy, e dunque l'immagine di Jeremy non si muove sulla retina, si ha solo un CDS. Quindi forse la soluzione è la seguente: quando viene mandato al cervello un solo tipo di segnale, o IDS o CDS, si ha la percezione del movimento. Inoltre, se sono presenti entrambi i segnali, come accade nella situazione 3, quando un osservatore esamina la stanza come nella figura 8.8c, non vi è percezione di movimento. Questa soluzione è di fatto la base della teoria della scarica corollaria. Secondo la teoria della scarica corollaria, il cervello contiene una struttura o meccanismo detto "comparatore" che riceve sia IDS che CDS. L'operazione del comparatore è controllata dalle regole illustrate nella **figura 8.11**. Se solamente un tipo di segnale raggiunge il comparatore – o IDS (**figura 8.11a**) o CDS (**figura 8.11b**) –, questo invia un messaggio al cervello per dire che c'è stato un movimento, e il movimento viene percepito. Ma se l'IDS e il CDS raggiungono il comparatore nello stesso momento (**figura 8.11c**), si annullano a vicenda e non viene mandato alcun segnale all'area del cervello responsabile della percezione del movimento. Ciò riguarda il nostro problema perché il movimento viene percepito nella situazione 1 e 2, nelle quali è presente solo un tipo di segnale, e non nella situazione 3, quando sono presenti entrambi i segnali.

Dopo aver sentito questa spiegazione, spesso gli studenti domandano dove è localizzato il comparatore. La risposta è che probabilmente il comparatore non è situato in un luogo specifico, ma comprende più strutture. Similmente, il CDS probabilmente ha origine in varie strutture del cervello (Sommer & Crapse, 2010; Sommer & Wurtz, 2008). La cosa rilevante per il nostro scopo è che la teoria della scarica corollaria sostenga che il sistema visivo prende in considerazione sia le informazioni concernenti la stimolazione dei recettori, sia le informazioni riguardanti il movimento degli occhi. E sebbene non possiamo indicare con esattezza dove il CDS e il comparatore siano localizzati, ci sono prove a supporto della teoria. Di seguito vengono riportate alcune prove comportamentali e psicologiche.

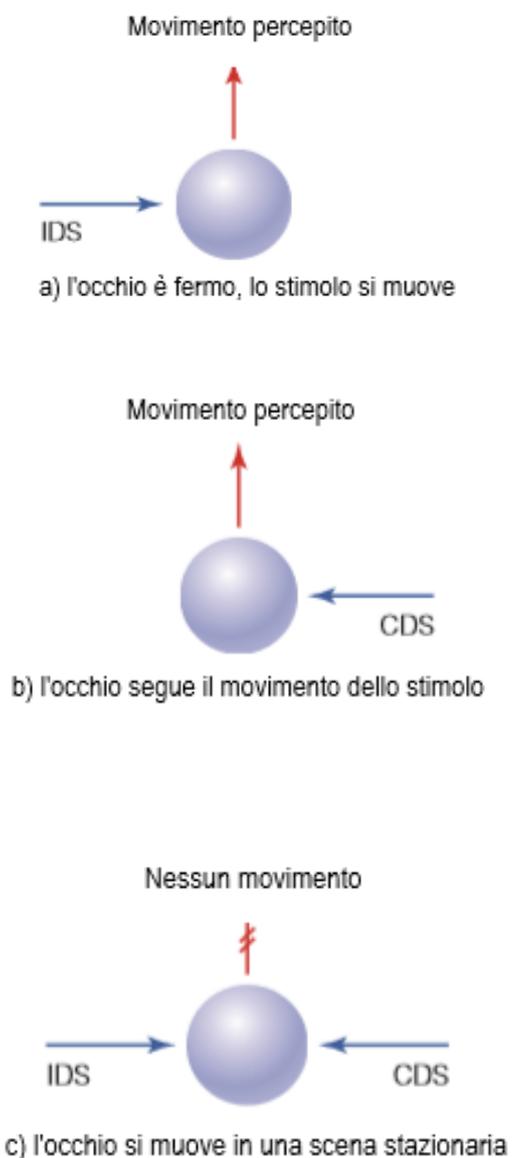


Figura 8.11 Secondo la teoria della scarica corollaria, (a) quando solo l'IDS raggiunge il comparatore, viene mandato un segnale al cervello e viene percepito il movimento; (b) quando solo il CDS raggiunge il comparatore, viene mandato un segnale al cervello e viene percepito il movimento; (c) se l'IDS e il CDS raggiungono contemporaneamente il comparatore, si annullano a vicenda e così

non viene mandato alcun segnale al cervello e non si ha la percezione del movimento.

Evidenze comportamentali a sostegno della teoria della scarica corollaria

Queste due dimostrazioni creano una percezione di movimento anche quando non si ha movimento sulla retina



Figura 8.12 Stimolo dell'immagine persistente

DIMOSTRAZIONE

Eliminare il segnale di spostamento dell'immagine con un'immagine persistente

Illumina il cerchio nella **figura 8.12** con una luce e fissalo per circa 60 secondi. Poi vai nel tuo armadio (o in una stanza completamente nera) e osserva cosa accade all'immagine persistente del cerchio se ti guardi intorno (se svanisce sbatti gli occhi per farlo tornare). Nota che l'immagine si muove in sincronia col tuo movimento oculare (**figura 8.13**).

Figura 8.13 Dimostrazione dell'immagine persistente. Quando l'occhio si muove nel buio, l'immagine rimane stazionaria (l'area sbiancata sulla retina indicata dall'ovale rosso), ma un CDS viene



mandato al comparatore cosicché l'immagine persistente sembra in movimento.

Perché l'immagine persistente sembra muoversi quando muovi gli occhi? La risposta non può essere che l'immagine si sta muovendo sulla tua retina perché l'immagine del cerchio rimane sempre nello stesso posto sulla retina (l'immagine del cerchio sulla retina ha creato un'area circolare di pigmento visivo sbiancato, che rimane nello stesso posto indipendentemente da cosa stia guardando l'occhio). Senza il movimento di uno stimolo sulla retina, non c'è l'immagine di spostamento del segnale. Comunque, i segnali di moto mandati dal movimento dei tuoi occhi stanno creando un segnale di scarica corollaria, che raggiunge da sola il comparatore e così l'immagine persistente appare muoversi (figura 8.11b).

DIMOSTRAZIONE

Vedere movimento premendo sulla palpebra

Cerca un punto nell'ambiente, continua a guardarlo e molto delicatamente sposta avanti e indietro un lato della tua palpebra, come mostrato nella **figura 8.14**. Appena lo farai, vedrai la scena muoversi.



Figura 8.14 Perché questa donna sta sorridendo? Perché quando lei preme sulla sua palpebra, mentre mantiene l'occhio fisso su un posto, vede il mondo tremolare.

Perché si vede un movimento quando premi sulla tua palpebra? Lawrence Stark e Bruce Bridgeman (1983) hanno condotto un esperimento in cui hanno spiegato agli osservatori di continuare a guardare un punto particolare mentre premono sulla loro palpebra.

In quanto gli osservatori stavano prestando rigorosa attenzione alle istruzioni (“continua a guardare in quel punto!”) l'occhio non si muoveva nonostante la spinta sulla palpebra. L'occhio non si muove perché i muscoli oculari si contrappongono automaticamente alla pressione del dito per mantenere la vista in posizione. In questa circostanza, secondo la teoria della scarica corollaria, si dovrebbe quindi generare un segnale motorio dai muscoli oculari - per tenere l'occhio in posizione - di scarica corollaria che raggiunge il comparatore, come nella Figura 8.11b, così come gli osservatori dell'esperimento di Stark e Bridgeman hanno visto la scena muoversi (inoltre vedere Bridgeman e Stark, 1991; Ilg, Bridgeman, e Hoffmann, 1989). (Vedere “Pensaci” #3 a pagina 196 per domande riguardanti questa spiegazione.) Queste dimostrazioni supportano l'idea centrale proposta dalla teoria della scarica corollaria che c'è un segnale (la scarica corollaria) che indica quando l'osservatore muove, o cerca di muovere i suoi occhi. Quando la teoria fu proposta per la prima volta, vi furono poche prove fisiologiche a supporto, ma ora c'è una grande quantità di prove empiriche a favore della teoria.

Prove Fisiologiche della Teoria della Scarica Corollaria

In entrambe le nostre dimostrazioni, c'era un segnale di scarica corollaria ma nessun segnale di spostamento dell'immagine. Cosa accadrebbe se non ci fosse segnale di scarica corollaria ma ci fosse segnale di spostamento dell'immagine? A quanto pare questo è quello che è accaduto a R.W., un uomo di 35 anni che provava vertigini ogni volta che guardava fuori dal finestrino di una macchina in corsa.

Una scansione del cervello ha rivelato che R.W. aveva lesioni in un'area della corteccia chiamata area mediale superiore temporale (MST) (fare riferimento alla Figura 7.7). Test comportamentali di R.W. hanno anche rivelato che come lui muoveva gli occhi, l'ambiente stazionario sembrava muoversi con una velocità uguale e contraria alla velocità con cui stava muovendo gli occhi (Haarmeier et al., 1997). Perciò, quando lui muoveva gli occhi a sinistra, c'era un IDS, perché le immagini si muovevano sulla sua retina a destra, ma il danno al suo cervello aveva apparentemente eliminato il CDS. Poiché solo l'IDS raggiungeva il comparatore, R.W. vedeva movimenti quando effettivamente non c'erano.

Altre dimostrazioni fisiologiche della teoria provengono da esperimenti che coinvolgono la registrazione dei neuroni della corteccia della scimmia. La **Figura 8.15** mostra la risposta registrata da un neurone sensibile al movimento nella corteccia extrastriata della scimmia.

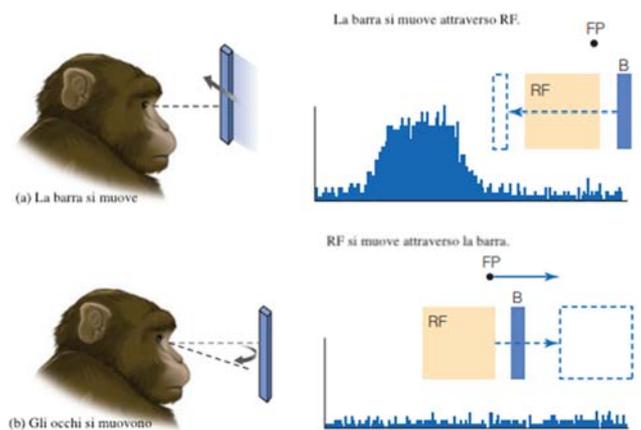


Figura 8.15 Risposte di un neurone di movimento nella corteccia extrastriata di una scimmia. In entrambi i casi, una barra (B) attraversa il campo recettivo del neurone (RF) mentre la scimmia osserva un punto di fissazione (FP). (a) Il neurone si attiva quando la barra si sposta a sinistra attraversando il campo recettivo. (b) Il neurone non si attiva quando l'occhio si sposta a destra anche se questo fa sì che la barra si muova attraverso il campo recettivo.

Questo neurone risponde fortemente quando la scimmia guarda costantemente il punto di fissazione (FP) mentre una barra mobile attraversa il campo recettivo del neurone (RF) (**Figura 8.15a**). Ma cosa succede se la scimmia muove gli occhi per seguire un punto di fissazione in movimento in modo che i suoi occhi passino attraverso una barra fissa (**Figura 8.15b**)? In questo caso, l'immagine della barra scorrerà il campo recettivo del neurone, proprio come nella **Figura 8.15a**. Anche se la barra sta attraversando il campo recettivo, proprio come prima, il neurone non si attiva (Galletti & Fattori, 2003).

Questo neurone è chiamato **neurone di movimento (reale)**, perché risponde solo quando lo stimolo si muove effettivamente mentre non risponde quando l'occhio si muove, anche se lo stimolo sulla retina—una barra che attraversa il campo recettivo della cellula—è lo stesso in entrambe le situazioni. Questo neurone di movimento reale

probabilmente riceve informazioni dal segnale di scarica corollaria, che indica al neurone quando l'occhio è in movimento. I neuroni del movimento reale sono stati osservati anche in molte altre aree della corteccia (Battaglini et al., 1996; Robinson & Wurtz, 1976), e altre ricerche più recenti hanno cominciato a determinare dove il segnale di scarica corollaria agisce nel cervello (Sommer & Wurtz, 2006; Wang et al., 2007).

METTITI ALLA PROVA 8.1

1. Descrivi quattro differenti funzioni della percezione del movimento.
2. Descrivi quattro situazioni differenti che possono risultare nella percezione del movimento. Quale di queste situazioni implicano reale movimento e quali implicano l'illusione del movimento?
3. Quali sono le prove per una simile risposta neurale al movimento reale e al movimento apparente?
4. Descrivi l'approccio ecologico di Gibson alla percezione del movimento. Qual è il vantaggio di questo approccio? (Dai un esempio specifico di come l'approccio ecologico può spiegare le situazioni di Figura 8.8b e c.)
5. Descrivi il funzionamento del circuito neurale che crea il rivelatore Reichardt.
6. Descrivi il modello di scarica del corollario. Nella tua descrizione, indica (1) per cosa il modello è stato progettato per spiegare; (2) i tre tipi di segnali: segnale di spostamento dell'immagine, segnale del motorio, segnale di scarica corollario; e (3) quando questi segnali causano e non causano percezione del movimento quando raggiungono il comparatore.

Percezione del movimento e il Cervello

In questa sezione ci concentreremo sul cervello, in particolare sull'area temporale mediale (MT) e sull'area temporale superiore mediale (MST): entrambe svolgono importanti ruoli nella percezione del movimento.

L'area di Movimento del Cervello

Quando abbiamo descritto il lavoro pionieristico di Hubel e Wiesel (1959, 1965) sui campi recettivi, abbiamo visto che hanno registrato dei neuroni dell'area di ricezione visiva che rispondevano a delle barre che si muovevano in una direzione specifica (vedi Figura 3.29). Un'altra area che contiene molte cellule sensibili alla direzione del movimento è l'area temporale mediale (MT). La prova che la corteccia MT è specializzata per l'elaborazione di informazioni sul movimento è fornita da esperimenti che hanno utilizzato immagini dinamiche di punti random in movimento in cui veniva manipolata in maniera sistematica la direzione di movimento dei punti.

La **Figura 8.16a** rappresenta un display in i punti si muovono in direzioni casuali. William Newsome e collaboratori (1995) usarono il termine coerenza per indicare il grado con cui i punti si muovono nella stessa direzione. Quando i punti si muovono tutti in direzioni casuali, la coerenza è pari allo 0 per cento. La **figura 8.16b** rappresenta una coerenza del 50%, come indicato dai punti scuri, il che significa che in qualsiasi momento la metà dei punti si muove nella stessa direzione. La **figura 8.16c** rappresenta il 100% di coerenza, il che significa che tutti i punti si stanno muovendo nella stessa direzione.

Newsome e colleghi hanno usato questi stimoli fatti di punti in movimento per determinare la relazione tra (1) l'abilità di una scimmia nel giudicare la direzione in cui i punti si muovevano e (2) la risposta di un neurone nella corteccia MT della scimmia. Hanno trovato che all'aumentare della coerenza dei punti, accadevano due cose: (1) la scimmia giudicava la posizione del movimento più accuratamente, e (2) il neurone MT si attiva più rapidamente. Il comportamento della scimmia e l'attivazione dei neuroni MT era così strettamente correlato che i ricercatori potevano prevedere l'uno dall'altro. Ad esempio, quando la coerenza dei punti era 0,8 per cento, la scimmia non era in grado di giudicare la direzione del movimento dei punti e la risposta del neurone non differiva in modo significativo dal suo tasso di attivazione di base.

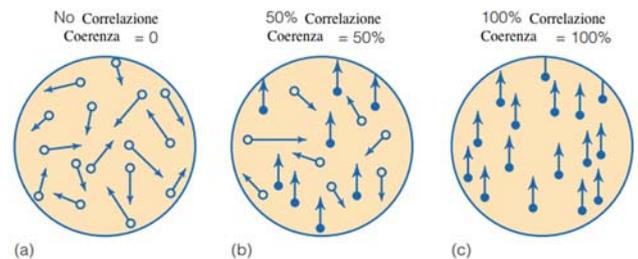


Figura 8.16 il Display a punti mobili usato da Newsome, Britten e Movshon (1989). Queste immagini rappresentano i display a punti mobili creati al computer. Ogni punto sopravvive per un breve intervallo (20-30 microsecondi), dopo di che scompare e viene sostituito da un altro punto posizionato casualmente. Coerenza è la percentuale di punti che si muovono nella stessa direzione in qualsiasi momento. (a) Coerenza = 0%; (b) Coerenza = 50%; (c) Coerenza = 100%

Tuttavia già con una coerenza del 12,8%—quindi, su 200 punti mobili, circa 25 si muovevano nella stessa direzione—la scimmia era in grado di giudicare correttamente la direzione dei punti che si muovevano insieme con un'accuratezza quasi totale, e il neurone MT si attivava sempre più velocemente della sua velocità di base.

Possiamo apprezzare l'importanza degli esperimenti di Newsome considerando le seguenti tre relazioni di base nella **Figura 8.17**, che abbiamo introdotto nel Capitolo 1 (vedi Figura 1.10):

- *La relazione stimolo-percezione (freccia verde):* Presentazione di uno stimolo e determinazione della percezione del movimento. Ad esempio, quando un oggetto si muove abbastanza velocemente, percepiamo il movimento; quando una serie di punti si muovono nella stessa direzione, percepiamo il movimento in quella direzione.
- *La relazione stimolo-fisiologia (freccia arancione):* Presentazione di uno stimolo del movimento e misurazione della risposta neurale. Ad esempio, nell'esperimento mostrato nella Figura 8.15a, una barra mobile causa una risposta nella corteccia della scimmia.
- *La relazione fisiologia-percezione (freccia rossa):* Misurazione della relazione tra risposta fisiologica e percezione. Questa è la relazione misurata da Newsome e colleghi perché hanno misurato la risposta dei neuroni MT ai punti in movimento e misurato anche la percezione della scimmia agli stessi punti mediante la loro performance ad un compito di discriminazione della direzione del movimento.

La misurazione simultanea dell'attivazione neurale e della percezione indicata dalla freccia rossa è estremamente difficile, perché prima che gli esperimenti di registrazione possano iniziare, le scimmie devono essere addestrate per mesi per indicare la direzione in cui percepiscono i punti muoversi. (Viene data una ricompensa quando indicano correttamente la direzione del movimento). Solo dopo questo ampio addestramento comportamentale si potrà misurare simultaneamente la percezione della scimmia e l'attivazione neuronale. Il risultato, tuttavia, è che la relazione tra fisiologia e percezione viene misurata direttamente, completando così il triangolo stabilendo la terza relazione nella Figura 8.17.

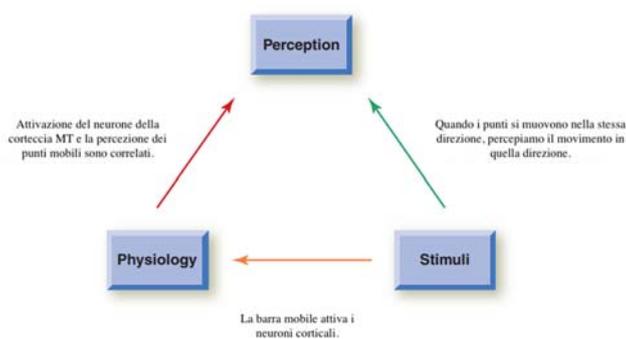


Figura 8.17 Il ciclo percezione-fisiologia-stimolo del Capitolo 1. Newsome misurava la relazione fisiologia-percezione registrando simultaneamente dai neuroni e misurando la risposta comportamentale della scimmia. Altre ricerche che abbiamo discusso, come gli studi sul campo recettivo di Hubel e Wiesel, hanno misurato la relazione stimolo-fisiologia.

Effetto di Lesione e Microstimolazione

Misurare la percezione e l'attivazione dei neuroni nella corteccia MT della scimmia è un modo per dimostrare che la corteccia MT è importante per la percezione del movimento. Il ruolo della corteccia MT è stato anche studiato per

determinare in che modo la percezione del movimento è influenzata da (1) lesioni cerebrali (distruggendo o disattivando) alcuni o tutti i neuroni della corteccia MT o (2) stimolando elettricamente i neuroni nella corteccia MT.

Una scimmia con la corteccia MT intatta può iniziare a rilevare la direzione in cui i punti si muovono quando la coerenza è inferiore all'1-2%. Tuttavia, dopo che la MT è stata lesionata, la coerenza deve essere aumentata tra il 10% e il 20% prima che le scimmie inizi a rilevare la direzione del movimento (Newsome & Paré, 1988, vedi anche Movshon & Newsome, 1992; Newsome et al., 1995; Pasternak & Merigan, 1994). Questo è un altro esempio della relazione tra fisiologia e percezione.

Un altro modo in cui questa relazione (tra la corteccia MT e la percezione del movimento) è stata studiata è mediante la stimolazione elettrica dei neuroni nella corteccia MT usando una tecnica chiamata *microstimolazione*.

METODI

Microstimolazione

Microstimolazione si ottiene immettendo un microelettrodo di forma filiforme nella corteccia e facendo passare una debole carica elettrica attraverso la punta dell'elettrodo. Questo debole shock stimola i neuroni che si trovano vicino alla punta dell'elettrodo e inducendoli ad attivarsi, proprio come farebbero se fossero stimolati da dei neurotrasmettitori chimici rilasciati da altri neuroni.

Ricordate dal Capitolo 4 che i neuroni sono organizzati in colonne nella corteccia, con i neuroni che appartengono alla stessa colonna che rispondono meglio ad un orientamento specifico (pagina 80). Poiché i neuroni che rispondono a una specifica direzione di movimento sono organizzati anche in colonne, è possibile attivare i neuroni che rispondono a una specifica direzione di movimento applicando la microstimolazione a una particolare colonna.

attiva anche una serie di altre aree distribuite attraverso il cervello (Fischer et al., 2012).

Il movimento dal punto di vista di un singolo neurone

Avendo stabilito che la corteccia MT è specializzata per la percezione del movimento, esamineremo ora più da vicino come la scarica di singoli neuroni della corteccia MT determina la percezione del movimento. La risposta ovvia alla domanda su come l'attivazione dei neuroni può segnalare la direzione in cui un oggetto si muove è che mentre l'immagine dell'oggetto si diffonde rapidamente attraverso la retina, attiva neuroni selettivi alla direzione dello spostamento retinico che quindi risponderanno al movimento in una direzione specifica (vedi Figura 3.29).

Anche se questa sembra essere una semplice soluzione per segnalare la direzione in cui si muove un oggetto, si scopre che la risposta di singoli neuroni selettivi alla direzione non fornisce informazioni sufficienti per indicare la direzione del movimento. Possiamo capirne il motivo considerando come un neurone selettivo alla direzione dello spostamento risponderebbe al movimento di un palo orientato verticalmente come quello trasportato dalla donna nella **Figura 8.19**.

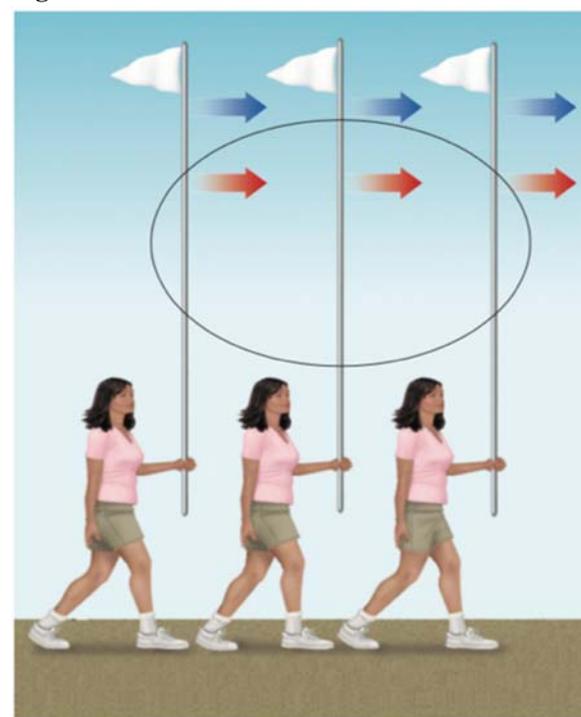


Figura 8.19 Il movimento complessivo del palo è orizzontale verso destra (frecce blu). L'ellisse rappresenta l'area nel campo visivo di un osservatore che corrisponde al campo recettivo di un neurone corticale sulla retina dell'osservatore. Il movimento del palo attraverso il campo recettivo è anche orizzontale verso destra (frecce rosse).

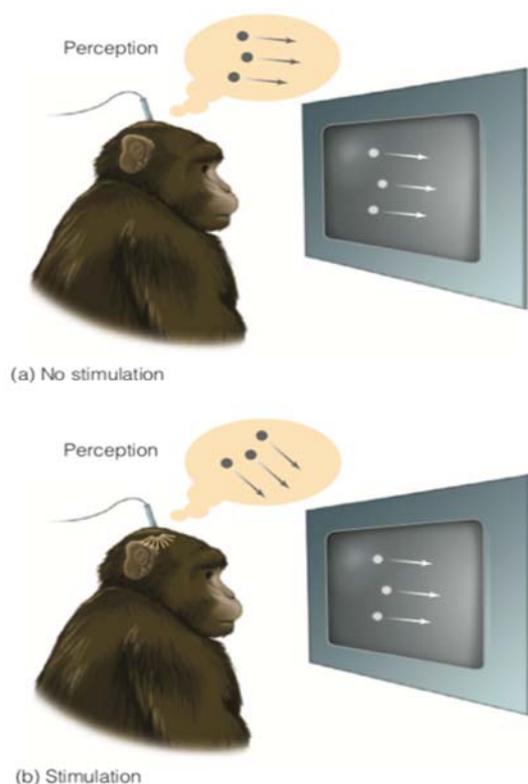


Figura 8.18 (a) Una scimmia giudica il movimento dei puntini che si muovono orizzontalmente verso destra. (b) Quando la colonna di neuroni che predilige il movimento verso il basso viene stimolata, la scimmia giudica lo stesso movimento come se fosse verso il basso e verso destra.

Anthony Movshon e William Newsome (1992) hanno utilizzato questa procedura di microstimolazione in un esperimento in cui una scimmia guardava dei puntini che si muovevano in una particolare direzione mentre indicavano la direzione del movimento che stava percependo. Ad esempio, la **Figura 8.18a** mostra la scimmia che osserva i puntini muoversi verso destra. In questo caso la scimmia riferiva che i puntini si stavano muovendo verso destra. Tuttavia, come illustrato in **Figura 8.18b**, quando Movshon e Newsome stimolavano una colonna di neuroni MT che preferiva il movimento verso il basso, la scimmia iniziava a rispondere come se i punti si muovessero verso il basso e verso destra. Il fatto che la stimolazione dei neuroni MT provochi un cambiamento nella percezione della direzione del movimento della scimmia fornisce un'ulteriore prova che collega i neuroni MT alla elaborazione del percolato di movimento.

Oltre alla corteccia MT, un'altra area coinvolta nella percezione del movimento è la vicina area temporale superiore mediale (MST) (vedi Figura 7.7). Ma il movimento attiva anche altre aree. Ricordate dal Capitolo 4 che ci sono aree specializzate per rispondere ai volti (l'area della faccia fusiforme) e ai corpi (l'area del corpo extrastriata), tuttavia questi oggetti attivano anche molte altre aree del cervello (Figura 4.22). Analogamente le cortecce MT e MST sono specializzate per rispondere al movimento, ma quest'ultimo

Ci concentreremo sul palo, che è essenzialmente una barra verticale. L'ellisse rappresenta l'area del campo recettivo di un neurone nella corteccia che risponde quando una barra verticale si sposta a destra attraverso il campo recettivo del

neurone. La figura 8.19 mostra il palo che entra nel campo recettivo percorrendolo da sinistra a destra. Mentre il palo si sposta a destra, si sposta attraverso il campo recettivo nella direzione indicata dalla freccia rossa, e il neurone scarica. Ma cosa succede se la donna sale alcuni gradini? La **figura 8.20** mostra che mentre sale i gradini, lei e il palo si stanno spostando verso l'alto e verso destra (freccia blu). Lo sappiamo perché possiamo vedere la donna e la bandiera salire. Ma il neurone, che vede solo il movimento attraverso la visione ristretta del suo campo recettivo, riceve solo informazioni sul movimento verso destra. Puoi dimostrarlo personalmente facendo la seguente dimostrazione.

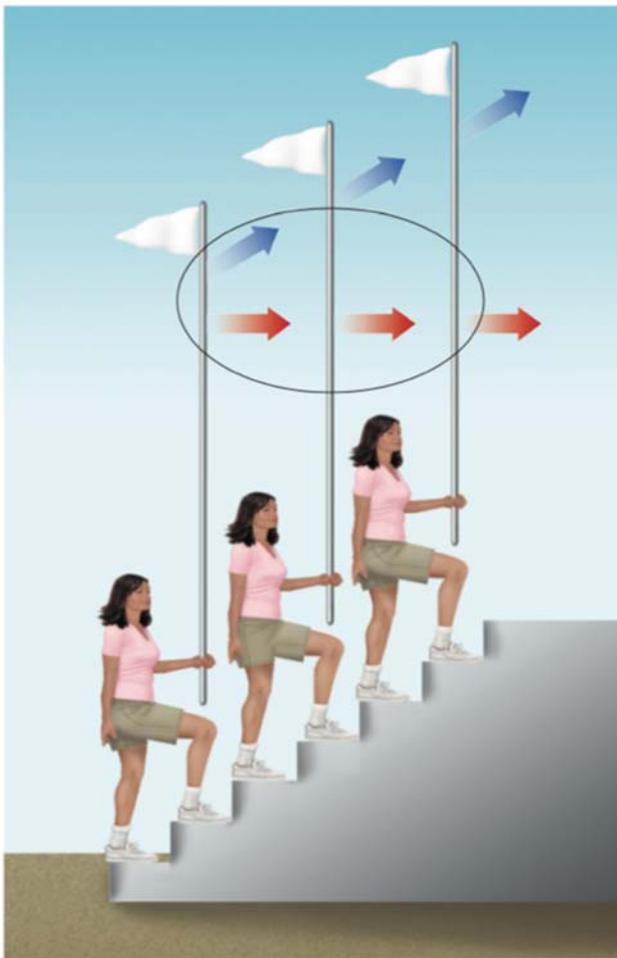


Figura 8.20 In questa situazione, il movimento complessivo del palo è obliquo verso l'alto a destra (freccie blu). Tuttavia, il palo all'interno dell'area delimitata dal campo recettivo si muove in direzione orizzontale verso destra (freccie rosse), come in Figura 8.19. Pertanto, un campo recettivo semplice "vede" non è in grado di discriminare un movimento orizzontale da uno obliquo.

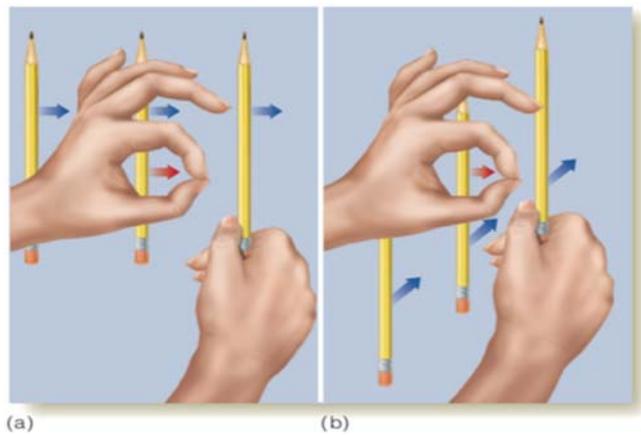


Figura 8.21 Sposta una matita dietro un'apertura seguendo le indicazioni della dimostrazione "Movimento di una barra attraverso un diaframma". Vedi il testo per i dettagli.

DIMOSTRAZIONE

Movimento di una barra attraverso un diaframma

Crea una piccola apertura di circa 1 pollice di diametro creando un cerchio con le dita della mano sinistra, come mostrato nella **Figura 8.21** (oppure puoi creare un cerchio tagliando un buco in un pezzo di carta). Quindi orientare una matita verticalmente e spostare la matita da sinistra a destra dietro al cerchio, come in **Figura 8.21a**. Mentre lo fai, concentrati sulla direzione in cui il bordo anteriore della matita sembra muoversi attraverso l'apertura. Ora, tenendo ancora la matita verticalmente, posiziona la matita sotto il cerchio, come mostrato nella Figura 8.21b, e spostala dietro l'apertura con un angolo di 45 gradi (facendo attenzione a mantenere l'orientamento verticale). Di nuovo, nota la direzione in cui il bordo anteriore della matita sembra muoversi attraverso l'apertura.

Se sei stato in grado di concentrarti solo su ciò che stava accadendo all'interno dell'apertura, probabilmente hai notato che la direzione in cui si muoveva il bordo anteriore della matita sembrava la stessa sia che la matita si muovesse (a) orizzontalmente a destra o (b) in alto e a destra. In entrambi i casi, il bordo anteriore della matita si sposta orizzontalmente attraverso l'apertura, come indicato dalla freccia rossa. In altre parole la direzione del movimento di uno stimolo orientato attraverso una apertura appare sempre ortogonale all'orientamento dello stimolo. Poiché la matita (lo stimolo) nella dimostrazione era orientata verticalmente, il movimento attraverso l'apertura era orizzontale (ortogonale).

Poiché l'orientamento dello stimolo è lo stesso in entrambe le situazioni, un singolo neurone selettivo alla direzione risponderebbe alla stessa maniera in (a) e (b): quindi basandosi solo sull'attività di questo neurone, non è possibile dire se la matita si muove orizzontalmente verso destra o obliquamente. Il fatto che visualizzare solo una piccola porzione locale di uno stimolo più grande possa portare a un'interpretazione fuorviante sulla direzione in cui lo stimolo si sta muovendo è chiamato **problema dell'apertura**.

Il sistema visivo sembra risolvere il problema dell'apertura integrando le risposte da più neuroni. La prova che la corteccia MT può essere coinvolta nel mettere insieme le risposte insieme di neuroni è stata fornita da un esperimento di Christopher Pack e Richard Born (2001), in cui gli autori hanno determinato come i neuroni della corteccia della MT della scimmia rispondevano a linee viste attraverso delle aperture con diversi orientamento (come nell'esempio del palo o della nostra matita). Hanno trovato che la risposta iniziale dei neuroni MT allo stimolo, fino a 70 msec dopo che lo stimolo era stato presentato, era determinata dall'orientamento della barra. In questa fase i neuroni rispondevano allo stesso modo a una barra verticale che si spostava orizzontalmente e a una barra verticale che si spostava obliquamente (freccie rosse nella Figura 8.21). Tuttavia, 140 ms dopo la presentazione dello stimolo, i neuroni cominciarono a rispondere alla direzione effettiva del movimento delle barre (freccie blu nella Figura 8.21). Questo dimostrava che i neuroni MT ricevono segnali anche da neuroni nella corteccia striata e che combinano questi segnali per determinare l'effettiva direzione del movimento.

Riesci a pensare ad un altro modo in cui un neurone potrebbe indicare che il polo nella figura 8.20 si muove verso l'alto e verso destra? Uno dei miei studenti ha provato la dimostrazione nella Figura 8.21 e ha notato che quando ha seguito le istruzioni per la dimostrazione, il bordo della matita sembrava muoversi orizzontalmente attraverso l'apertura, sia che la matita si muovesse orizzontalmente che in direzione obliqua. Tuttavia, quando spostava la matita in modo che potesse vedere la sua punta muoversi attraverso l'apertura, come nella **Figura 8.22**, poteva dire con precisione la direzione reale dello spostamento della matita. Pertanto, un neurone potrebbe utilizzare le informazioni sulla parte terminale dell'oggetto in movimento (come la punta della matita) per determinare la direzione del movimento. A quanto pare, neuroni di questo tipo che segnalano questa informazione, rispondendo alle terminazioni degli oggetti in movimento, sono stati trovati nella corteccia striata (Pack et al., 2003).

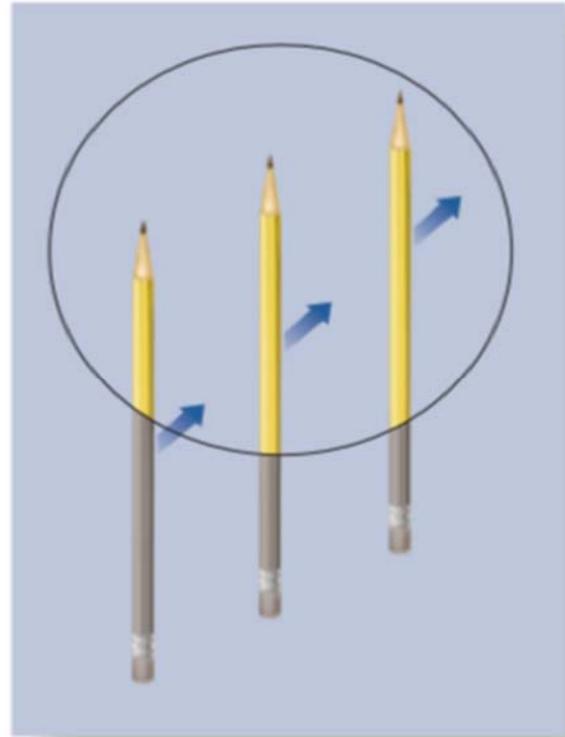


Figura 8.22 Il cerchio rappresenta il campo recettivo di un neurone. Quando la matita viene spostata verso l'alto e verso destra, come mostrato, il movimento della punta della matita fornisce informazioni che indicano che la matita si sta spostando verso l'alto e verso destra.

Tutto ciò significa che la situazione "semplice" di un oggetto che si muove attraverso il campo visivo mentre un osservatore guarda dritto non è così semplice a causa del problema dell'apertura. Il sistema visivo risolve apparentemente questo problema (1) usando le informazioni dai neuroni nella corteccia della MT che raggruppano le risposte di un certo numero di neuroni selettivi alla direzione dello spostamento, e (2) integrando questa informazione con quella derivante dai neuroni nella corteccia striata che rispondono al movimento delle estremità degli oggetti (vedi anche Rust et al., 2006; Smith et al., 2005; Zhang & Britten, 2006).

Movimento e Corpo Umano

Abbiamo appena visto che gli esperimenti che utilizzano punti e linee come stimoli ci hanno insegnato molto sui meccanismi della percezione del movimento. Ma per quanto riguarda gli stimoli più complessi creati dal movimento di esseri umani e animali che sono così prevalenti nel nostro ambiente? Considereremo ora due esempi dei modi in cui i ricercatori hanno studiato come percepiamo il movimento del corpo umano.

Movimento Apparente del Corpo

In precedenza, in questo capitolo abbiamo descritto il *moto apparente* come la percezione del movimento che si verifica quando due stimoli che si trovano in posizioni leggermente diverse vengono presentati uno dopo l'altro. Anche se questi

stimoli sono stazionari, il movimento viene percepito avanti e indietro tra loro se sono alternati con un tempo giusto. Generalmente, questo movimento segue il principio chiamato **del percorso più breve**: il movimento apparente tende a verificarsi lungo il percorso più breve tra due stimoli. Maggie Shiffrar e Jennifer Freyd (1990, 1993) hanno mostrato a degli osservatori alcune fotografie come nella **figura 8.23a**, le quali si alternano rapidamente. Notate che nella prima foto, la mano della donna è davanti alla sua testa, e nella seconda, è dietro la sua testa. Secondo il principio del percorso più breve, il movimento dovrebbe essere percepito seguire una linea retta tra le mani nei due fotogrammi, il che significherebbe che la percezione di una mano che attraversa la testa compenetrandola, come illustrato nella **Figura 8.23b**. Questo è, in effetti, esattamente ciò che accade quando le immagini vengono alternate molto rapidamente (cinque o più volte al secondo), anche se il movimento attraverso la testa è fisicamente impossibile.

Mentre il movimento rettilineo della mano attraverso la testa è un risultato interessante, il risultato più importante si ottiene rallentando l'alternanza tra i fotogrammi. Quando le immagini vengono alternate con una frequenza minore di cinque fotogrammi al secondo, gli osservatori iniziano a percepire il movimento illustrato nella **Figura 8.23c**, con la mano che sembra muoversi intorno alla testa della donna, violando il principio del percorso più breve.

Questi risultati sono interessanti per due motivi: (1) mostrano che il sistema visivo necessita di tempo per processare informazioni utili a percepire i movimenti di stimoli dal significato complesso; e (2) suggeriscono che ci potrebbe essere qualcosa di speciale sul significato degli stimoli - in questo caso del corpo umano - che influenzano il modo in cui il movimento è percepito.



Figura 8.23 Le due immagini in (a) sono fotografie simili a quelle utilizzate nell'esperimento di Shiffrar e di Freyd (1993). Le immagini sono state alternate rapidamente o più lentamente. (b) Quando si alternava rapidamente, gli osservatori percepivano la mano come muoversi sopra la testa. (c) quando si alternava più lentamente, la mano è stata vista come muoversi intorno alla testa.

Per testare l'idea che il corpo umano è speciale, Shiffrar e colleghi hanno mostrato che quando oggetti fisici (non umani) come tavole di legno sono utilizzati come stimoli, la probabilità di percepire il movimento lungo il percorso più lungo non aumenta a tassi più bassi di alternanza, come succede invece per le immagini di umani (Chatterjee, Freyd, e Shiffrar, 1996).

Che cosa sta accadendo nella corteccia quando gli osservatori visualizzano il movimento apparente generato da immagini come quella della figura 8.23? Per capirlo, Jennifer Stevens e colleghi (2000) hanno misurato l'attivazione cerebrale

utilizzando la tecnica di scansione PET. Hanno scoperto che entrambi i movimenti sopra la testa e intorno alla testa attivano aree nella corteccia parietale associate con il movimento. Tuttavia, quando gli osservatori vedevano il movimento che si verificava intorno alla testa, anche la corteccia motoria veniva attivata. Così, la corteccia motoria viene attivata quando i movimenti percepiti sono umanamente possibili, ma non è attivata quando i movimenti percepiti non sono possibili. Questa connessione tra l'area cerebrale associata al movimento di percezione e l'area motoria riflettono lo stretto legame tra le percezioni e l'azione che abbiamo discusso nel capitolo 7.

Il movimento dei Light Walkers

Un altro approccio allo studio del movimento del corpo umano coinvolge stimoli chiamati **light walkers** che vengono creati posizionando piccole luci sulle articolazioni delle persone e poi filmando i modelli creati da queste luci quando le persone camminano e svolgono altre azioni al buio (Johansson, 1973, 1975) (**Figura 8.24**).

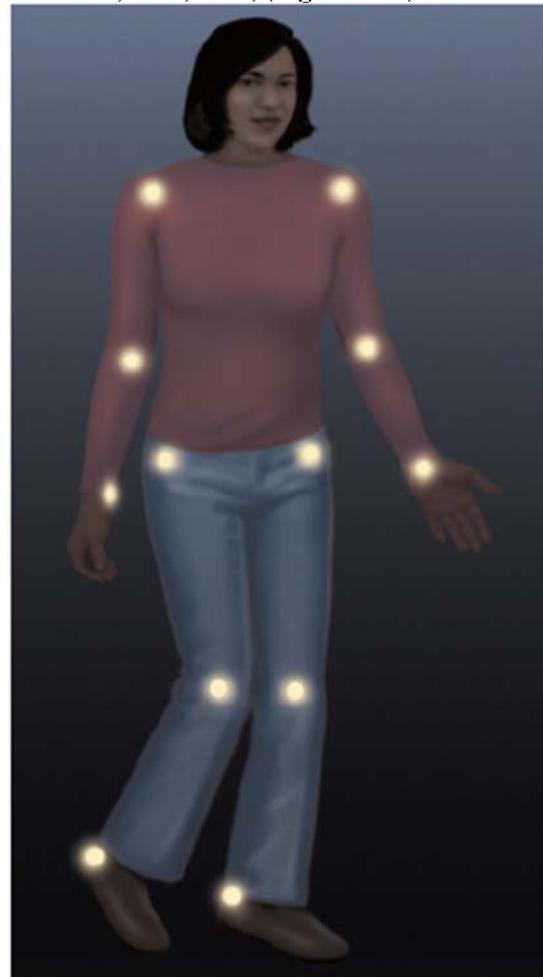


Figura 8.24 Un light walker viene creato posizionando le luci sulle articolazioni di una persona che cammina al buio in modo che solo le luci possono essere viste. © Cengage Learning

Organizzazione percettiva

All'inizio del capitolo, abbiamo mostrato come il movimento può far sì che i singoli elementi diventino individualmente organizzati (vedi la dimostrazione dell'uccello mimetico, pagina 177). Analogamente, il movimento crea l'organizzazione dei light walkers. Quando la persona che indossa le luci è ferma, le luci sembrano creare un motivo senza senso. Tuttavia, non appena la persona inizia a camminare - con le braccia e le gambe oscillanti avanti e indietro e i piedi in movimento che formano archi appiattiti lasciando il terreno e toccando poi verso il basso, prima uno e poi l'altro - il movimento delle luci è immediatamente percepito come causato da una persona che cammina. Questo movimento autoprodotta di una persona o di un altro organismo vivente è chiamato **movimento biologico**.

Una ragione per cui siamo particolarmente bravi a organizzare percettivamente il movimento complesso di una serie di punti in movimento nella percezione di una persona che cammina è che siamo esposti quotidianamente alla vista del movimento biologico. Ogni volta che si vede una persona camminare, correre o comportarsi in una qualsiasi maniera che richieda del movimento, infatti, si vede un movimento biologico.

I meccanismi del cervello

La nostra capacità di organizzare facilmente i movimenti biologici in percezioni significative ha portato alcuni ricercatori a sospettare che ci possa essere un'area nel cervello che risponde direttamente al movimento biologico, così come ci sono aree come l'area del corpo extrastriato (EBA) e l'area fusiforme facciale (FFA) specializzate per rispondere rispettivamente a corpi e facce.

Emily Grossman e Randolph Blake (2001) hanno fornito prove che sostengono l'idea di un'area specializzata nel cervello per il movimento biologico misurando l'attività cerebrale degli osservatori mentre guardavano prima i punti in movimento creati da un light walker (Figura 8.25a) e poi dei punti che si muovevano in modo simile ma non identico ai puntini del light walker (movimenti criptati), in modo che non dessero l'impressione di una persona che camminava (Figura 8.25b). Hanno scoperto che una piccola area nel solco temporale superiore (STS) era più attiva

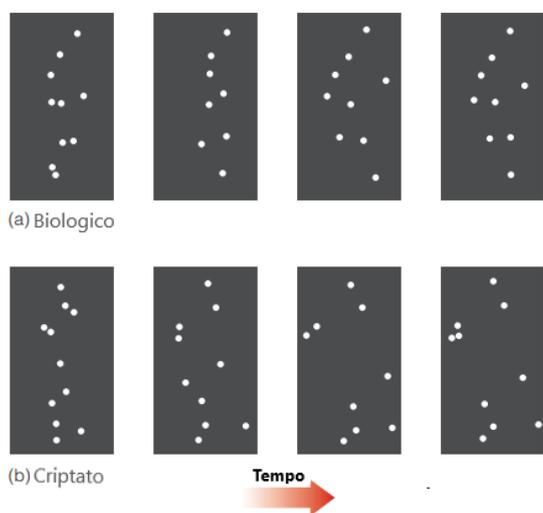


Figura 8.25 Cornici degli stimoli utilizzati da Grossman e Blake (2001). (a) Sequenza dallo stimolo light walker camminatore.

(b) Sequenza dello stimolo del punto criptato. Da Grossman, E. D., & Blake, R. (2001). Attività cerebrale evocata dal movimento biologico invertito e immaginato. *Vision Research*, 41, 1475 – 1482. Con il permesso di Elsevier.

durante la visione del movimento biologico rispetto alla visualizzazione del movimento criptato, in tutti gli otto osservatori. In un altro esperimento, Grossman e Blake (2002) hanno mostrato che altre regioni, come l'AFF, sono state attivate più dal movimento biologico che dal movimento criptato, ma tale attività nell'EBA non ha fatto distinzione tra movimento biologico e criptato. Sulla base di questi risultati, hanno concluso che vi è una rete, che comprende l'area del solco temporale superiore (STS) e l'AFF, che è specializzata nella percezione del movimento biologico (Vedi anche Pelphrey et al., 2003).

Uno dei principi che abbiamo discusso in questo libro è che il semplice mostrare che una struttura risponde a un tipo specifico di stimolo non dimostra che la struttura è coinvolta nel *percepire* tale stimolo. In precedenza nel capitolo abbiamo descritto come Newsome ha usato un certo numero di metodi diversi per dimostrare che la corteccia visiva è specializzata nella percezione del movimento. Oltre a mostrare che la corteccia visiva è *attivata* dal movimento, ha anche mostrato che la *percezione* del movimento è diminuita dalla lesione della corteccia visiva ed è influenzata da neuroni stimolanti nella corteccia visiva. Collegare direttamente i processi cerebrali e la percezione ha permesso a Newsome di concludere che la corteccia visiva è importante per la percezione del movimento.

Proprio come Newsome ha dimostrato che l'interruzione del funzionamento della corteccia visiva diminuisce la capacità di una scimmia di percepire la direzione dei punti in movimento, Emily Grossman e colleghi (2005) hanno mostrato che l'interruzione del funzionamento del STS negli esseri umani diminuisce la capacità di percepire movimento biologico. Grossman lo esemplifica usando una procedura chiamata *stimolazione magnetica transcranica*.

METODO

Stimolazione magnetica transcranica (TMS)

Un modo per indagare se un'area del cervello è coinvolta nella determinazione di una particolare funzione è quello di rimuovere quella parte del cervello, come Newsome ha fatto nei suoi studi sulla corteccia visiva con le scimmie. Naturalmente, non possiamo rimuovere volutamente una porzione del cervello di una persona, ma è possibile interrompere temporaneamente il funzionamento di una particolare area applicando un campo magnetico pulsante, utilizzando una bobina stimolante posizionata sopra il cranio della persona (Figura 8,26). Una serie di impulsi presentati in una particolare area del cervello per alcuni secondi interferiscono con il funzionamento del cervello in quella zona per alcuni secondi o minuti. Se un particolare comportamento viene interrotto dagli impulsi, i ricercatori possono concludere che l'area disturbata del cervello è coinvolta in quel comportamento.



Figura 8.26 Bobina TMS posizionata per presentare un campo magnetico sul retro della testa della persona.

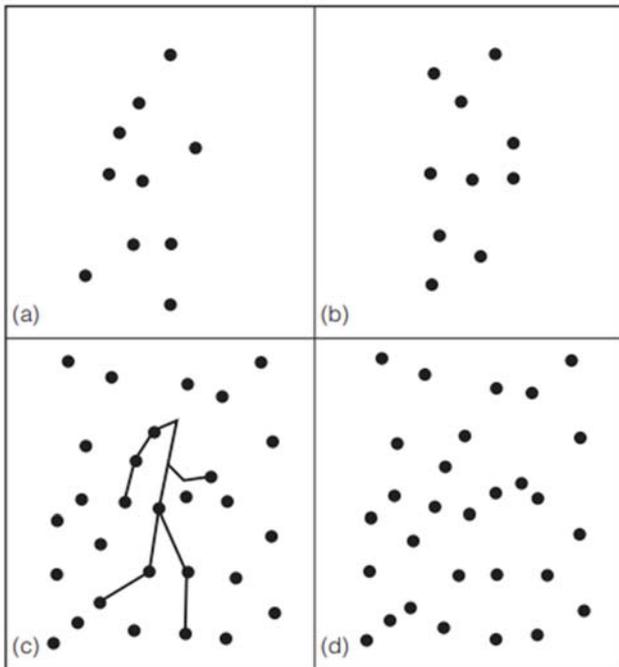


Figura 8.27 (a) Stimolo di movimento biologico. (b) Stimolo criptato. (c) Stimolo di movimento biologico con rumore aggiunto. I puntini corrispondenti al camminatore sono indicati da linee (che non sono state viste dall'osservatore). (d) Come lo stimolo appare all'osservatore. Da Grossman, E. D., Battelli, L., & Pascual-Leone, A. (2005). Le TM ripetitive sulle m posteriori interrompono la percezione del movimento biologico. *Vision Research*, 45, 2847 – 2853. Con il permesso di Elsevier.

Gli osservatori dell'esperimento di Grossman (2005) hanno visto stimoli punto-luce per attività come camminare, calciare e lanciare (Figura 8.27a), e hanno anche visto i display a stimolo punto-luce criptato (Figura 8.27 b). Il loro compito era quello di determinare se il display proponeva un movimento biologico o un movimento criptato. Normalmente questo è un compito estremamente facile, ma Grossman l'ha reso più difficile aggiungendo punti in eccesso per creare

"rumore" (Figura 8.27c e d). La quantità di rumore è stata regolata per ogni osservatore in modo che potessero distinguere tra movimento biologico e criptato con una precisione del 71%.

Il risultato principale di questo esperimento è stato che la presentazione della stimolazione magnetica transcranica all'area del STS che viene attivata dal movimento biologico ha provocato una significativa diminuzione della capacità degli osservatori di percepire il movimento biologico. Tale stimolazione magnetica di altre aree sensibili al movimento, come la corteccia visiva, non ha avuto alcun effetto sulla percezione di tale movimento. Da questo risultato, Grossman ha concluso che il normale funzionamento dell'area "movimento biologico", STS, è necessario per percepire il movimento biologico. Questa conclusione è sostenuta anche da studi che dimostrano che le persone che hanno subito danni a questa zona hanno difficoltà a percepire il movimento biologico (Battelli et al., 2003). Ciò significa che il movimento biologico è più di un semplice "movimento"; è un tipo speciale di movimento che viene compiuto da aree specializzate del cervello.

Momentum rappresentazionale: risposte motorie a immagini fisse

Guardate l'immagine in figura 8,28. La maggior parte delle persone percepisce questa immagine come un "fermo fotogramma" di un'azione — lo sci — che coinvolge il movimento. Non è difficile immaginare la persona che si muove in una posizione diversa subito dopo che questa foto è stata scattata.



Figura 8.28 Immagine che crea un movimento implicito.

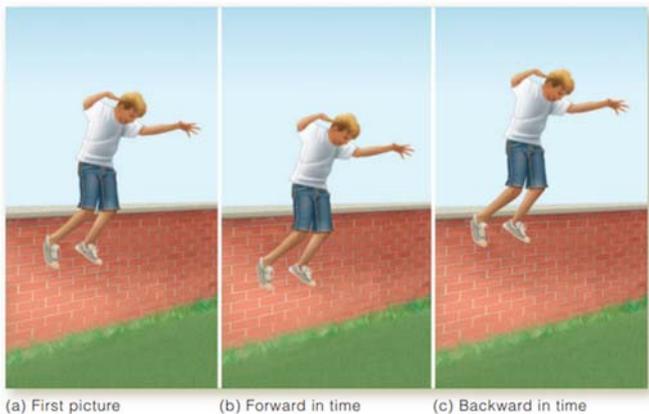


Figure 8.29 Stimoli come quelli usati da Freyd (1983). Vedi il testo per i dettagli. © Cengage Learning 2014

Una situazione come questa, in cui un'immagine fissa rappresenta un'azione che coinvolge il movimento, è chiamata **moto implicito**.

Jennifer Freyd (1983) ha fatto sperimentare il movimento implicito mostrando per poco tempo immagini ad osservatori che raffiguravano una situazione che coinvolge il movimento, come una persona che salta da un muretto (**Figura 8.29a**). Freyd ha predetto che i soggetti che guardano questa immagine "sbloccherebbero" il movimento implicito rappresentato nella figura e anticiperebbero il movimento che sarebbe accaduto. Se ciò accadesse, gli osservatori potrebbero "ricordare" l'immagine come raffigurante una situazione che si è verificata leggermente più tardi nel tempo. Per l'immagine della persona che salta fuori dal muro, ciò significherebbe che gli osservatori potrebbero ricordare che la persona è più vicina al terreno (come nella Figura 8.29b) di quanto non fosse nella figura iniziale.

Per testare questa idea, Freyd mostrò ai soggetti un'immagine di una persona a mezz'aria, come la Figura 8.29a, e dopo una pausa, mostrò ai suoi osservatori (1) la stessa immagine; (2) un'immagine leggermente avanti nel tempo (la persona che era saltata dal muro era più vicina al suolo, come nella Figura 8.29b); o (3) un'immagine leggermente indietro nel tempo (la persona era più lontana da terra, come nella Figura 8.29c). Il compito degli osservatori era quello di indicare, il più rapidamente possibile, se la seconda immagine fosse uguale o diversa dalla prima immagine.

Quando Freyd ha paragonato il tempo impiegato dai soggetti per decidere se le immagini "time-forward" e "time-backward" erano diverse dalla prima immagine che avevano visto, ha scoperto che i soggetti impiegavano più tempo per decidere se l'immagine "time-forward" era uguale o diversa dalla prima. Ne dedusse che il giudizio dell'immagine "time-forward" era più difficile perché i suoi soggetti avevano anticipato il movimento verso il basso che stava per accadere e confondevano così la "time-forward" con quello che avevano effettivamente visto.

L'idea che il movimento raffigurato in un'immagine tenda a continuare nella mente dell'osservatore è chiamato **momento rappresentazionale** (David & Senior, 2000; Freyd, 1983).

Il momento rappresentazionale è un esempio di come l'esperienza influenza la percezione perché dipende dalla nostra conoscenza del modo in cui le situazioni che coinvolgono il movimento si manifestano tipicamente.

Se il movimento implicito fa sì che un oggetto continui a muoversi nella mente di una persona, allora sembrerebbe

ragionevole che questo movimento "continuato" possa essere riflesso dall'attività nel cervello.

Quando Zoe Kourtzi e Nancy Kanwisher (2000) hanno misurato la risposta fMRI nella corteccia MT e MST a immagini come quelle della **Figura 8.30**, hanno scoperto che l'area del cervello che risponde al movimento reale risponde anche a fermoimmagini di movimento, e che immagini di movimento implicito (IM) causavano una risposta maggiore rispetto a immagini di movimento non implicito (non-IM), a immagini di soggetti a riposo (R) o a immagini di soggetti naturalmente statici come la casa (H).

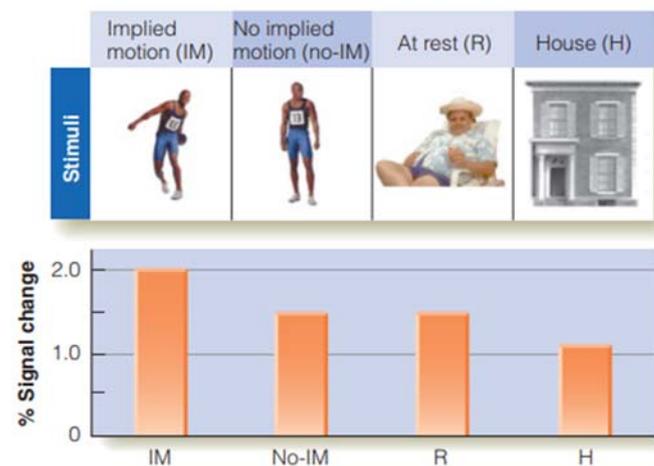


Figura 8.30 Esempi di immagini utilizzate da Kourtzi e Kanwisher (2000) per raffigurare movimento implicito (IM), nessun moto implicito (no-IM), a riposo (R) e una casa (H). L'altezza delle barre sotto ogni immagine indica la risposta fMRI media della corteccia MT a quel tipo di immagine. Da Kourtzi, Z., & Kanwisher, N., Attivazione in MT / MST umano da immagini statiche con movimento implicito, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 1, gennaio 2000, 48-55. © 2000 del Massachusetts Institute of Technology. Tutti i diritti riservati. Riprodotta con permesso.

Quindi, l'attività del cervello rispecchia la continuazione del movimento che le immagini implicite del movimento determinano nella mente di una persona (vedi anche Lorteije et al., 2006; Senior et al., 2000).

Basandosi sull'idea che il cervello risponda al moto implicito, Jonathan Winawer e collaboratori (2008) si sono chiesti se le immagini che implicano il movimento, come quella in figura 8.28, possono anche suscitare un effetto postumo di movimento (motion after-effect MAE). Per verificare ciò, hanno fatto un esperimento psicofisico in cui si chiedevano se la visualizzazione di immagini fisse che mostravano movimenti impliciti in una particolare direzione può causare MAE nella direzione opposta. Abbiamo descritto un tipo di MAE all'inizio del capitolo osservando che dopo aver visto il movimento verso il basso di una cascata, gli oggetti stazionari vicini sembrano muoversi verso l'alto. Ci sono prove che ciò si verifica perché la visione prolungata del movimento verso il basso della cascata diminuisce l'attività dei neuroni che rispondono selettivamente al movimento verso il basso, facendo risaltare l'attivazione dei neuroni che rispondono alla direzione del movimento opposta (Barlow & Hill, 1963, Mather ed altri, 1998).

Per determinare se gli stimoli di movimento impliciti possono produrre lo stesso effetto, Winawer chiedeva ai soggetti di osservare una serie di immagini che mostravano movimenti impliciti. Una serie di immagini conteneva solo movimenti

impliciti verso destra mentre l'altra verso sinistra. Dopo aver adattato i soggetti a una o l'altra serie per 60 secondi, soggetti era dovevano indicare la direzione del movimento di matrici di punti in movimento come quelli che abbiamo descritto in precedenza (vedi Figura 8.16). Il risultato chiave di questo esperimento è stato che prima di osservare gli stimoli del moto implicito, i soggetti avevano la stessa probabilità di percepire stimoli di punti con coerenza zero (tutti i punti che si muovevano in direzioni casuali) come spostati a sinistra o a destra. Tuttavia, dopo aver visto le fotografie che mostrano il moto implicito verso destra, i soggetti erano più propensi a vedere i punti spostarsi a sinistra. Dopo aver visto il movimento implicito verso sinistra, i soggetti erano più propensi a vedere i punti spostarsi a destra. Poiché questo è lo stesso risultato che si sarebbe verificato con un MAE prodotto da movimento reale (a sinistra o a destra), Winawer ha concluso che la visione del movimento implicito riduce l'attività dei neuroni selettivi a quella direzione di movimento.

QUALCOSA DA CONSIDERARE:

Percezione di eventi

Quando guardi una scena, non vedi una disposizione astratta di luce, oscurità e colore. Vedete singoli oggetti disposti l'uno rispetto all'altro nello spazio. Questo è il risultato dell'organizzazione percettiva e della segmentazione percettiva, che abbiamo descritto nel Capitolo 5. Quando vedo i fogli, una tazza di caffè, le chiavi e una penna sulla superficie del tavolo di fronte a me, sto percettivamente separando questa scena da un piano in oggetti separati.

Ma cosa c'entra questo con il percepire il movimento? Risponderò a questa domanda descrivendo ciò che vedo quando cerco dalla disposizione di oggetti sul tavolo. Una persona entra nella caffetteria dove sono seduto, si ferma al bancone, ha una breve conversazione con il barista dietro il bancone, che esce e torna con il caffè in un bicchiere di carta. Il cliente spinge verso il basso il coperchio per assicurarsi che sia sicuro, paga il caffè, lascia una mancia nel barattolo della mance, si gira e esce dalla porta. Questa breve descrizione, che rappresenta solo una piccola parte di ciò che accade nella caffetteria, è una sequenza di eventi che si svolgono nel tempo. Proprio come possiamo segmentare una scena statica in singoli oggetti, possiamo segmentare il comportamento in corso in una sequenza di eventi, in cui un evento è definito come un segmento di tempo in una particolare posizione che viene percepito dagli osservatori per avere un inizio e una fine (Zacks & Tversky, 2001; Zacks et al., 2009). Un limite di evento è il punto nel tempo in cui un evento finisce e un altro inizia. Nel nostro scenario di caffetteria, fare un ordine con il barista è un evento; protendersi per accettare la tazza di caffè è un evento; lasciare cadere la mancia nel barattolo delle mance è un evento; e così via. La nostra vita quotidiana è una cascata di eventi, che possono includere il nostro comportamento e le nostre osservazioni sui comportamenti degli altri. La connessione degli eventi alla percezione del movimento diventa ovvia quando consideriamo che gli eventi coinvolgono quasi sempre il movimento e che i cambiamenti nella natura del movimento sono spesso associati ai limiti degli eventi. Un modello di movimento si verifica quando si effettua l'ordine, un altro quando si allunga la mano verso la tazza di caffè e così via. Jeffrey Zacks e collaboratori (2009) hanno misurato la connessione tra gli eventi e la percezione del movimento sottoponendo i soggetti alla visione di film di attività comuni come pagare le bollette o lavare i piatti e

chiedendo loro di premere un pulsante quando credono che l'unità di un'attività significativa finisca e un'altra inizia (Newton & Engquist, 1976; Zacks et al., 2001). Quando Zacks ha confrontato i limiti degli eventi con i movimenti del corpo dell'attore misurati con un sistema di rilevamento del movimento, ha scoperto che i limiti degli eventi erano più probabili quando si verificava un cambiamento nella velocità o nell'accelerazione delle mani dell'attore. Dai risultati di questo e di altri esperimenti, Zacks ha concluso che la percezione del movimento gioca un ruolo importante nel separare le attività in eventi significativi. Questo ci riporta al nostro esempio all'inizio del capitolo, in cui abbiamo descritto i movimenti di un venditore in un negozio di abbigliamento e abbiamo notato che i movimenti della persona indicavano non solo ciò che stava facendo (riorganizzando i vestiti), ma indicavano anche quando è iniziato un nuovo compito (aiutare un cliente). Gli eventi, che sono spesso definiti dal movimento, si susseguono uno dopo l'altro per creare la nostra comprensione di ciò che sta accadendo.

METTITI ALLA PROVA 8.2

1. Qual è la prova che la corteccia MT è specializzata per l'elaborazione del movimento? Descrivi la serie di esperimenti che hanno usato punti in movimento come stimoli e (a) registrati dai neuroni nella corteccia della MT, (b) hanno lesionato la corteccia della MT e (c) hanno stimolato i neuroni nella corteccia della MT. Quali sono i risultati di questi esperimenti che ci consentono di trarre conclusioni sul ruolo della corteccia MT nella percezione del movimento?
2. Descrivi il **problema d'apertura**: perché la risposta dei singoli neuroni selettivi direzionali non fornisce sufficienti informazioni per indicare la direzione del movimento. Descrivi anche due modi in cui il cervello potrebbe risolvere il **problema d'apertura**.
3. Che cos'è il **movimento biologico** e come è stato studiato utilizzando i display con punti luminosi?
4. Descrivi gli esperimenti sul movimento apparente del braccio di una persona. In che modo differiscono i risultati per le presentazioni lente e veloci degli stimoli? Come viene attivato il cervello da presentazioni lente e veloci?
5. Descrivi gli esperimenti che hanno dimostrato che un'area del STS è specializzata per la percezione del **movimento biologico**.
6. Che cos'è il **moto implicito**? Momento rappresentativo? Descrivi le prove comportamentali che dimostrano il **momento rappresentativo**, gli esperimenti fisiologici che hanno studiato come il cervello risponde agli stimoli di movimento impliciti e l'esperienza in cui sono state usate le fotografie per generare un **after effect** di movimento.
7. Che cos'è un **evento**? Qual è la prova che il movimento aiuta a determinare la posizione **dei confini degli eventi**? Qual è il rapporto tra gli eventi e la nostra capacità di prevedere cosa succederà dopo?

PENSACI

1. Noi percepiamo il movimento reale quando vediamo le cose che si muovono fisicamente, come le auto sulla strada e le persone sul marciapiede. Ma vediamo anche il movimento in TV, nei film, sugli schermi dei nostri computer e in display elettronici come quelli di Las Vegas o di Times Square. Come vengono presentate le immagini in queste situazioni al fine di

ottenere la percezione del movimento? (Potrebbe richiedere qualche ricerca).

2. Nel presente capitolo abbiamo descritto un numero di principi che valgono anche per la percezione dell'oggetto (capitolo 5). Trova esempi dal capitolo 5 dei seguenti (i numeri di pagina si riferiscono a questo capitolo).

- Ci sono neuroni specializzati per rispondere a stimoli specifici (182).

- Esistono parallelismi tra fisiologia e percezione (187).

- Gli stimoli più complessi vengono elaborati nelle aree più alte della corteccia (192).

- L'esperienza può influire sulla percezione (190, 194).

3. Stark e Bridgeman hanno spiegato la percezione del movimento che si verifica quando si spinge delicatamente sulla palpebra per mezzo di un segnale di scarica corollario generato quando i muscoli spingono indietro per contrastare la spinta sul lato dell'occhio. Cosa succede se la spinta sulla palpebra fa muovere l'occhio e la persona vede la scena muoversi? In che modo la percezione del movimento della scena in questa situazione può essere spiegata dalla teoria della scarica corollaria? (Pag. 185)

4. Abbiamo descritto come l'effetto del momento rappresentativo mostra come la conoscenza può influenzare la percezione. Perché potremmo anche dire che il momento rappresentativo illustra un'interazione tra percezione e memoria? (p 194)