

sarà distratta dalla conversazione e si orienterà verso il nuovo entrato. L'emozione quindi cattura la nostra attenzione e rende difficile rispondere a stimoli che non suscitano in noi particolari emozioni. Questo effetto è dimostrato utilizzando una versione particolare del test di Stroop (cfr. cap. 3, par. 3.2.3), in cui le parole non sono nomi di colori ma parole a contenuto emotivo (per esempio cancro, stupro) oppure parole neutre. Quando le parole hanno una valenza emotiva, i partecipanti trovano più difficile ignorare le parole e denominare il colore dell'inchiostro in cui sono scritte. Questo effetto può essere incrementato per stimoli che sono particolarmente rilevanti per un dato soggetto. Ma qual è il meccanismo attraverso cui l'emozione cattura l'attenzione? L'emozione potrebbe attirare l'attenzione o mantenerla, impedendole di rivolgersi ad altro. Utilizzando la procedura sperimentale introdotta da Posner nel 1980 (cfr. cap. 3, par. 2.4), si è chiesto ai soggetti di prestare attenzione a un punto di fissazione e poi di rispondere il più velocemente possibile quando un determinato stimolo appariva sullo schermo. Lo stimolo bersaglio poteva apparire alla destra o alla sinistra del punto di fissazione, i soggetti dovevano indicare anche da che lato era apparso premendo un pulsante dal lato dello schermo corrispondente. La sede dello stimolo bersaglio era preindicata da uno stimolo presentato nella stessa sede 150 ms prima del punto. La maggior parte delle volte, il preavviso avveniva dal lato corretto, ma qualche volta predicava una sede sbagliata. Gli stimoli di preavviso erano parole neutre e parole a contenuto emozionale (ad esempio «stupro», come già indicato). I risultati hanno suggerito che le emozioni trattengono l'attenzione e rendono difficile straccarsi dallo stimolo emozionale per focalizzarsi su aspetti non emozionali del compito (cioè premere il più velocemente possibile il pulsante, poiché i soggetti impiegavano più tempo a spostare l'attenzione dallo stimolo emozionale (la parola) quando il preavviso era scorretto rispetto alla sede del punto).

Le emozioni, tuttavia, possono anche facilitare l'attenzione. L'effetto dipende dal compito specifico. Negli studi appena descritti i partecipanti dovevano elaborare lo stimolo non emozionale e quindi allontanare l'attenzione da quello a contenuto emozionale. I compiti attenti che sono facilitati dall'emozione invece richiedono al partecipante di elaborare direttamente lo stimolo emozionale o di rispondere o elaborare lo stimolo indicato dall'emozione. Per esempio in un compito di ricerca visiva in cui i soggetti dovevano localizzare il più velocemente possibile un bersaglio in mezzo a distrattori, i bersagli erano facce neutre o facce con espressioni emozionali, come rabbia e gioia. Quando le facce esprimono collera, i partecipanti impiegavano meno tempo a trovare il bersaglio rispetto a quando i bersagli erano volti neutri o felici. Simili risultati sono stati ottenuti con altri stimoli negativi. Questo effetto è quindi asimmetrico rispetto alla valenza: la facilitazione è presente per stimoli negativi, ma non positivi. Anche in questo caso sembra che un ruolo fondamentale sia svolto dall'amigdala, la quale si attiva in maniera rilevante di fronte a stimoli minacciosi; tale attivazione rimane così rapidamente che i partecipanti non sono consapevoli della presentazione. Quindi il contenuto emozionale dei volti è elaborato prima che l'attenzione sia chiamata in causa.

Memoria

Sono seduta alla mia scrivania. Dovrei scrivere un capitolo sulla memoria. Mi ricordo che ho cominciato a occuparmi di memoria negli anni '80, quando mi è capitato di esaminare una paziente con Alan Baddeley. Questo è un ricordo che proviene dalla mia memoria episodica ed è un ricordo autobiografico. La paziente aveva un disturbo di memoria a breve termine (MBT), quella forma di memoria che permette di trattenere un'informazione per pochi secondi, cioè il tempo necessario a espletare un certo compito, per esempio comporre un numero di telefono, una volta che lo si è letto sull'elenco oppure ce lo ha comunicato qualcuno. Tuttavia la MBT non è altro che uno dei moltissimi sistemi di memoria e sicuramente non quello cui pensa la gente comune quando si parla di memoria. La memoria non è un sistema unitario. Già alla fine del Diciannovesimo secolo James propose una distinzione fra una memoria primaria temporanea e una secondaria più durevole nel tempo. Nonostante ciò, nella metà del Ventesimo secolo l'opinione dominante all'interno della psicologia sperimentale era quella di un singolo sistema di memoria in cui l'apprendimento rifletteva il formarsi di associazioni e l'oblio era dovuto all'interferenza fra associazioni in competizione. Nel 1949 Donald Hebb propose nuovamente una concezione della memoria a due componenti; egli sostiene che potessero esistere due tipi di memoria, la MBT, dipendente da un'attività elettrica temporanea nel cervello, e la memoria a lungo termine (MLT) rappresentata da modificazioni neurochimiche più durature. Questa ipotesi fu sostenuta da studi condotti parallelamente nel Regno Unito [Brown 1958] e negli Stati Uniti [Peterson e Peterson 1959]: in tali studi si osservava che piccole quantità di informazioni venivano perse rapidamente, nel giro di pochi secondi, quando se ne impediva il ripasso. Lloyd e Margaret Peterson presentavano ai soggetti delle sequenze di tre consonanti non correlate fra loro (per esempio BQZ). Appena il partecipante le aveva lette, gli si mostrava un numero di tre cifre e gli si chiedeva di contare all'indietro di tre in tre (per esempio 459, 456, 453 ecc.). Dopo un intervallo che andava da 3 a 18 secondi, gli si chiedeva di rievocare le tre consonanti prima di passare alle successive tre,

con le quali veniva seguita la stessa procedura. Il compito che ostacolava il ripasso non coinvolgeva lo stesso materiale da ricordare e questo contrastava quindi con la spiegazione classica dell'oblio come dovuto all'interferenza da parte di materiale simile; suggeriva invece l'esistenza di una traccia mnestica che decadeva rapidamente. In seguito, Waugh e Norman [1965] reintrodussero i termini di memoria primaria, per un ipotetico sistema di MBT, e memoria secondaria per il sistema di MLT e attribuirono l'oblio al decadimento della traccia.

Il concetto di una memoria unitaria è stato definitivamente superato negli anni '60, quando è stata proposta una prima distinzione tra sistemi anatomo-funzionali che sostengono la MBT e sistemi che invece sostengono la MLT. La prova più evidente a sostegno di questa dissociazione è la presenza di due tipi di pazienti neuropsicologici, persone, cioè, che in seguito a un danno cerebrale presentano uno o più disturbi cognitivi. Nei classici amnesici, un danno a livello temporale mediale o diencefalico (cfr. cap. 1, par. 10.1 e fig. 1.6) tipicamente si associa a un problema generale di apprendimento e rievocazione di nuove informazioni sia verbali sia visive; tali pazienti, però, sono in grado di ripetere sequenze di cifre immediatamente dopo la presentazione (è il cosiddetto «span» di cifre). Vi sono invece pazienti con un comportamento opposto, associato a un danno delle regioni perisilviane di sinistra, cioè le aree che circondano la scissura silviana, un solco che separa fra loro lobo frontale nella parte anteriore e il parietale posteriormente al frontale (cfr. cap. 1, par. 10.2 e fig. 1.7). Tali pazienti sono in grado di ripetere solo una o due cifre (o altri stimoli verbali, come lettere o parole) immediatamente dopo la presentazione, ma la capacità di apprendere e rievocare nuove informazioni a distanza di tempo è normale. Questa doppia dissociazione (cfr. cap. 2) suggerisce in modo molto netto l'esistenza di due processi separati. Ullertoni prove a favore di una dicotomia sono fornite da due componenti, come la rievocazione libera, in cui i soggetti devono rievocare, nell'ordine

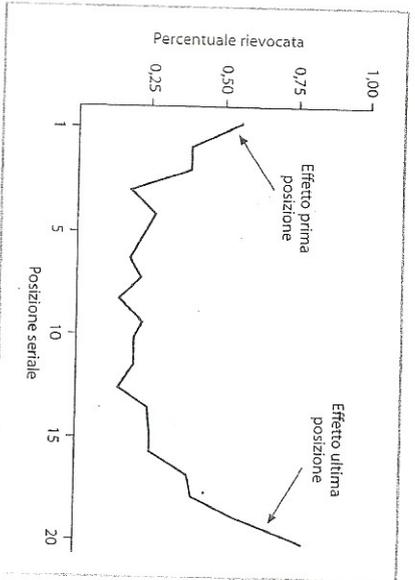


Fig. 5.1. Curva di rievocazione libera.

Fonte: Cacchiat e Papagno [2006, 146].

che preferiscono, una lista di parole che è stata loro presentata per via uditiva (hanno cioè ascoltato una parola alla volta pronunciata dall'esaminatore) o visiva (hanno letto la lista, una parola alla volta): gli ultimi stimoli presentati tendono a essere rievocati meglio (e subito) se la rievocazione è immediata e tale effetto è chiamato *effetto di ultima posizione* o *di ricerca*.

Questo effetto si perde introducendo un breve ritardo fra la presentazione e la rievocazione. Anche gli stimoli presentati per primi, che si ritiene riflettano la

componente della memoria a lungo termine, sono ricordati bene e in genere dopo la rievocazione degli ultimi stimoli della lista. In questo caso, introducendo un piccolo intervallo il ricordo di questi stimoli non è compromesso come invece accade per gli ultimi stimoli della lista. La buona rievocazione dei primi stimoli della lista rappresenta l'*effetto di prima posizione*. Gli stimoli nella posizione centrale della lista tendono invece a essere rievocati in numero inferiore, per cui la curva di rievocazione assume un aspetto a U (cfr. fig. 5.1). L'effetto di ultima posizione è preservato nei pazienti con un deficit di MLT, mentre è perso nei pazienti con MBT uditivo-verbale compromessa, quando la presentazione è avvenuta per via uditiva. Al contrario, la rievocazione delle prime parole della lista, che dipende dalla MLT, mostra un andamento opposto: è compromessa nei pazienti amnesici, cioè con un deficit di MLT, ed è preservata nei pazienti con un deficit di MBT.

1. IL MODELLO MODALE

Alla fine degli anni '60 l'opinione dominante era quindi quella di due sistemi di memoria distinti e ciò si rifletteva in un gran numero di modelli di memoria, fra i quali maggior influenza ebbe quello di Richard Atkinson e Richard Shiffrin [1968], che divenne famoso come *modello modale*. Questo modello assumeva tre tipi distinti di memoria (cfr. fig. 5.2). La componente più breve era rappresentata da una serie di sistemi sensoriali che forse andavano meglio inquadrati come parti dell'elaborazione sensoriale. Essi includevano una memoria sensoriale visiva, a volte chiamata memoria iconica, e il suo equivalente sistema per l'immagazzinamento sensoriale acustico, la memoria eolica. Tuttavia non si escludeva che altri sistemi sensoriali, come quello tattile, fornissero qualche forma di immagazzinamento temporaneo. Si riteneva che l'informazione fluisse da sistemi paralleli di memoria sensoriale verso un singolo magazzino a breve termine. Quest'ultimo agiva come una memoria di lavoro a capacità limitata, il magazzino a breve termine, che poteva conservare le informazioni, ma anche manipolarle; per questo era considerato responsabile sia della codificazione dell'informazione nella MLT

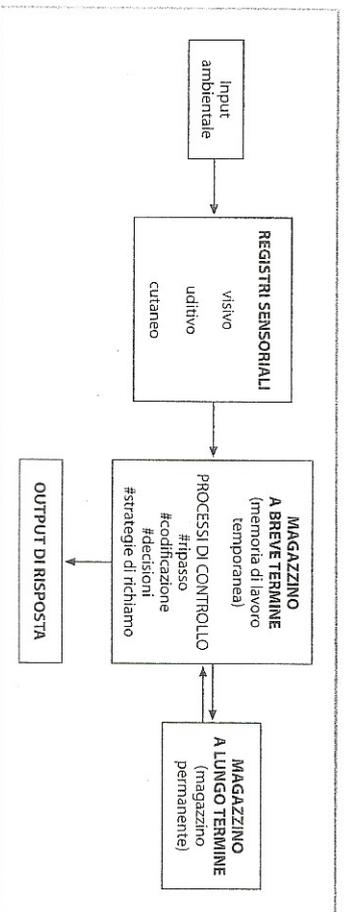


Fig. 5.2. Modello di Atkinson e Shiffrin.

sia del successivo richiamo. La capacità limitata del magazzino a breve termine quindi interviene con la capacità maggiore del magazzino a lungo termine. Di conseguenza l'apprendimento a lungo termine dipendeva da entrambi i magazzini, a breve e a lungo termine. L'oblio, secondo il modello di Atkinson e Shiffrin, avveniva per sostituzione delle vecchie informazioni da parte di nuove.

Inizialmente sembrò che il modello modale fornisse una spiegazione soddisfacente dei dati disponibili, ma in seguito ci si rese conto che si scontrava con due problemi. Il primo concerneva l'apprendimento, in quanto, come riportato, il modello proponeva che trattenerne le informazioni nel magazzino a breve termine fosse sufficiente per trasferirle in quello a lungo termine; più a lungo l'informazione veniva trattenuta, più alta era la probabilità che fosse trasferita, con il risultato di un miglior apprendimento. Tuttavia i tentativi di testare direttamente questa ipotesi si rivelarono un insuccesso. Molto più importante rispetto al tempo di mantenimento nel magazzino a breve termine è la natura delle operazioni eseguite sul materiale da apprendere: gli stimoli che sono elaborati solo in termini di aspetto fisico sono ricordati poco, mentre quelli che sono ripetuti (anche subvocalmente) e quindi se ne elabora il suono, sono ricordati meglio e infine quelli che sono codificati secondo il loro significato consentono la prestazione migliore. Craik e Lockhart [1972], su questa base, formularono la teoria dei livelli di elaborazione. In sostanza, secondo questa teoria, il grado di apprendimento a lungo termine dipende dalla profondità e ricchezza della codificazione e non dalla durata della permanenza nel magazzino a breve termine, come avevano sostenuto Atkinson e Shiffrin.

Un secondo problema del modello modale riguardava i dati neuropsicologici. Se il magazzino a breve termine è uno stadio cruciale nell'apprendimento a lungo termine, allora i pazienti con un deficit del sistema di immagazzinamento a breve termine dovrebbero mostrare anche una compromissione nella MLT, cosa che invece non succede. Inoltre, se il sistema serve come una generale memoria di lavoro, allora questi pazienti dovrebbero essere compromessi in una serie di compiti cognitivi. Tuttavia i pazienti con disturbo di MBT conducevano una vita normale: una paziente lavorava come segretaria, un'altra gestiva un negozio e un terzo era autista di taxi. I loro problemi erano di entità limitata e non era evidente un deficit cognitivo generale.

2. LA MEMORIA SENSORIALE

Quando guardiamo un film, ci sembra di vedere una scena continua in cui i personaggi si muovono normalmente. In realtà stiamo vedendo una serie di immagini fisse intervallate da brevissimi periodi di oscurità. Per vedere un'immagine continua in movimento è necessario che il sistema visivo immagazzini un'immagine fino all'arrivo della successiva. Il magazzino visivo responsabile di ciò è uno dei sistemi di memoria sensoriale coinvolti nella percezione del mondo esterno. Un altro esempio analogo al precedente è rappresentato dal persistere di una luminosità anche dopo che la luce è stata spenta, il che implica che è

stata immagazzinata. La natura di questo immagazzinamento è stata studiata da George Sperling nel 1960 con un esperimento in cui i soggetti vedevano tre righe di quattro lettere, ciascuna per 50 ms, seguite da un campo vuoto bianco. Quando si chiedeva loro di rievocare gli stimoli, i soggetti ricordavano solo 4 o 5 lettere delle 12 presentate. Le avevano dimenticate o ne avevano percepite solo quattro o cinque? Sperling modificò le istruzioni chiedendo di rievocare le lettere di una sola riga: la prima riga se sentivano un suono alto, quella di mezzo se il tono era medio, la riga inferiore per un tono basso. In questa condizione i soggetti rievocavano tre lettere su quattro. Dato che non potevano sapere in anticipo quale riga avrebbero dovuto ricordare, ciò implicava che almeno nove (13/4) delle lettere erano state percepite, ma perse durante il processo di rievocazione. In un esperimento successivo Sperling variò l'intervallo fra la presentazione e il segnale dato per rievocare. Egli ipotizzò che se la traccia delle lettere decadeva, allora aumentando l'intervallo la prestazione avrebbe peggiorato. La prestazione peggiorava rapidamente quando si inseriva un campo luminoso prima e dopo la presentazione delle lettere; con mezzo secondo di intervallo, la prestazione era identica alla condizione in cui bisognava rievocare tutti gli stimoli. Usando invece un campo scuro, la prestazione era nettamente superiore e cadeva dopo quattro o cinque secondi. Sperling interpretò questo dato come prova dell'esistenza di un magazzino visivo di brevissima durata (*memoria iconica*). Il campo luminoso interferiva quindi con il magazzino, provocando un oblio più rapido.

Un'altra serie di esperimenti è stata fatta utilizzando stimoli uditivi. In questi casi veniva presentato un suono molto breve come un click proveniente da un angolo di una stanza. Per i soggetti sperimentali decidere da dove proviene il suono risulta essere un compito molto facile; per far questo si utilizza l'intervallo di tempo (brevissimo) fra l'arrivo del suono a un orecchio e all'altro. Tuttavia, per cogliere la differenza nel tempo di arrivo del click alle due orecchie è necessario avere un sistema che immagazzina in memoria l'arrivo al primo orecchio del click fino all'arrivo al secondo orecchio per stimare in modo accurato la differenza. Sicuramente non può essere definito come un sistema di memoria in senso stretto, tuttavia immagazzina e richiama un'informazione e come tale può essere considerato un sistema di memoria sensoriale estremamente breve.

3. LA MEMORIA DI LAVORO

Nel 1974 Alan Baddeley e Graham Hitch hanno suggerito di sostituire al concetto unitario di MBT proposto da Atkinson e Shiffrin quello di un sistema più complesso, a tre componenti, cui hanno dato il nome di memoria di lavoro («working memory»), per enfatizzare la sua importanza funzionale, quindi operativa, nei processi cognitivi, piuttosto che la semplice capacità di immagazzinamento (cfr. fig. 5.3). Memoria di lavoro è perciò il termine che indica un sistema cognitivo che permette il mantenimento temporaneo e la successiva elaborazione di informazioni nel cervello; comprende un sistema di controllo attenzionale, l'esecutivo centrale, e due sottosistemi ausiliari, il circuito fonologico e il tracino visuospa-

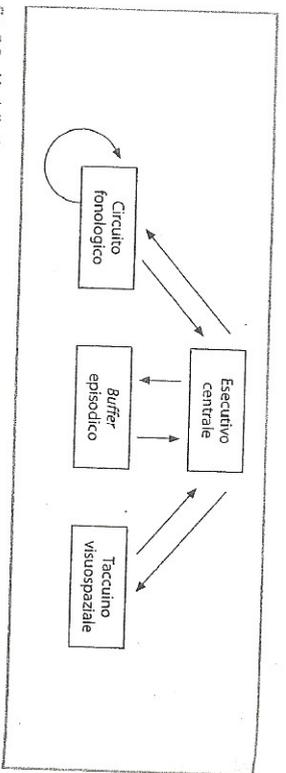


Fig. 5.3. Modello di memoria di lavoro.

ziale. Tutti e tre i sistemi avrebbero una capacità limitata, ma le limitazioni sono di natura diversa. Il circuito fonologico manterrebbe l'informazione verbale, puramente acustica, in un magazzino temporaneo; esso include *a*) un magazzino (magazzino fonologico a breve termine), che mantiene la traccia di memoria per pochi secondi, e *b*) un processo attivo di ripasso subvocale, il cosiddetto ripasso articolatorio. Quest'ultimo dipenderebbe tanto da una vocalizzazione esplicita che da un'articolazione implicita. Una dimostrazione dell'esistenza di un'articolazione implicita altrettanto efficiente proviene dagli studi sui pazienti anartrici puri, cioè affetti da un disturbo neurologico che impedisce i movimenti articolatori dei muscoli che servono per la fonazione. Questi pazienti, che non possono articolare simboli verbali, infatti, non mostrano deficit a livello del circuito fonologico, non presentano cioè disturbi di MBT. Il lacuno visospaziale, invece, serve per mantenere temporaneamente e manipolare le informazioni visive e spaziali. Il ripasso avviene probabilmente, anche se non necessariamente, coinvolgendo i movimenti oculari. Robert Logie [1995] ha proposto di distinguere una componente visiva (*visual cache*), che agisce come un magazzino passivo dove sono temporaneamente mantenute le informazioni relative a pattern visivi statici, e una componente spaziale (*inner scribe*), che agisce come un meccanismo di ripasso interattivo, che rinfresca l'informazione dinamica sui movimenti e le sequenze di movimenti e inoltre permette di mantenere l'informazione presente nel magazzino visivo. L'esecutivo centrale, infine, è un sistema di controllo (cfr. cap. 7) che disporrebbe di un quantitativo limitato di capacità di elaborazione generale. Più di recente è stata introdotta una quarta componente al modello, il «*buffer*» episodico. Quest'ultimo consisterebbe in un magazzino multimodale a capacità limitata, una specie di interfaccia fra codici diversi (visivo, verbale, percettivo), che integra le informazioni provenienti dai due sottosistemi (visospaziale e verbale) con quelle provenienti dalla MLT (semantica ed episodica) e sarebbe accessibile consapevolmente. Differisce dalla MLT perché l'informazione è comunque di natura temporanea. Il *buffer* episodico sarebbe importante per il raggruppamento (*chunking*) dell'informazione in MBT. Il *chunking* trarrebbe vantaggio dalla presenza di conoscenze precedenti da utilizzare appunto per raggruppare l'informazione in modo più efficiente e con ciò favorire l'immagazzinamento e il richiamo. Per esempio, una sequenza di cifre che può essere raggruppata in numeri corrispondenti a date conosciute (14921789: 1492 è

la scoperta dell'America, 1789 la rivoluzione francese) sarebbe più facile da ricordare rispetto a una sequenza in cui le cifre hanno un ordine casuale che impedisce una strategia di raggruppamento come quella utilizzabile nell'esempio precedente. Il *buffer* episodico potrebbe intervenire nella rievocazione immediata di un racconto, permettendo agli amnesici gravi con intelligenza e/o funzioni esecutive (cfr. cap. 7) preservare di avere una rievocazione immediata (ma non ritardata, cioè dopo un certo intervallo di tempo) normale di un brano di prosa di lunghezza che ecceda la capacità dei sottosistemi a breve termine.

3.1. Memoria a breve termine verbale o circuito fonologico

La MBT verbale, che corrisponde al circuito fonologico del modello di Baddeley e Hitch, occupa una parte relativamente piccola della memoria di lavoro, ma è l'aspetto principale del modello e sicuramente quello studiato in maggior dettaglio. Si tratta di un magazzino a capacità limitata, in cui la traccia mnestica è temporanea e quindi è persa rapidamente. Il materiale è codificato secondo le sue caratteristiche fisiche (in questo caso il «suono» della parola). Come già accennato, comprende due componenti: un magazzino fonologico «passivo» e un ripasso articolatorio «attivo».

Ritorniamo all'esempio del numero telefonico già accennato all'inizio del capitolo (anche se ora, con l'uso dei telefoni cellulari, l'esempio è meno adatto): il numero può riferircelo qualcuno cui l'abbiamo chiesto oppure possiamo leggerlo sull'elenco. Nel primo caso il numero telefonico, sotto forma di suono, entrerà direttamente nel magazzino fonologico a breve termine. Se non voglio dimenticarlo nell'intervallo temporale che trascorre prima che io lo componga, lo devo ripassare mentalmente o sottovoce o ad alta voce: questo processo rappresenta il ripasso articolatorio. Nel caso invece in cui io abbia letto il numero, deve avvenire una ricodificazione fonologica, cioè la trasformazione in suono (cioè in un codice fonologico) del materiale presentato visivamente (l'informazione scritta, presentata cioè in un codice grafemico). Ciascuna delle due componenti della MBT determina un effetto specifico: informazioni che hanno un suono simile, sono cioè fisicamente (o meglio fonologicamente) simili (tatto, tasso, masso) si confondono nel magazzino fonologico e sono ricordare in maniera meno efficiente rispetto a simboli che hanno caratteristiche fisiche (cioè un suono) diverse (sediamare, topo). Il fenomeno per cui simboli fonologicamente simili si confondono nel magazzino a breve termine è chiamato effetto di somiglianza fonologica. Il ripasso articolatorio è responsabile invece di un altro effetto, l'effetto di lunghezza delle parole. Stimoli verbali lunghi, che richiedono quindi più tempo per essere articolati (e quindi ripassati), sono ricordati meno bene rispetto a stimoli verbali brevi che impiegano meno tempo per essere ripassati. Articolando una stringa irrilevante di sillabe (per esempio bla, bla, bla) si impedisce il ripasso articolatorio (questo compito è definito soppressione articolatoria) e come conseguenza *a*) si riduce la capacità della MBT verbale, cioè lo *span*, *b*) si abolisce l'effetto di somiglianza fonologica quando la presentazione è visiva (le parole sono state lette), *c*) si

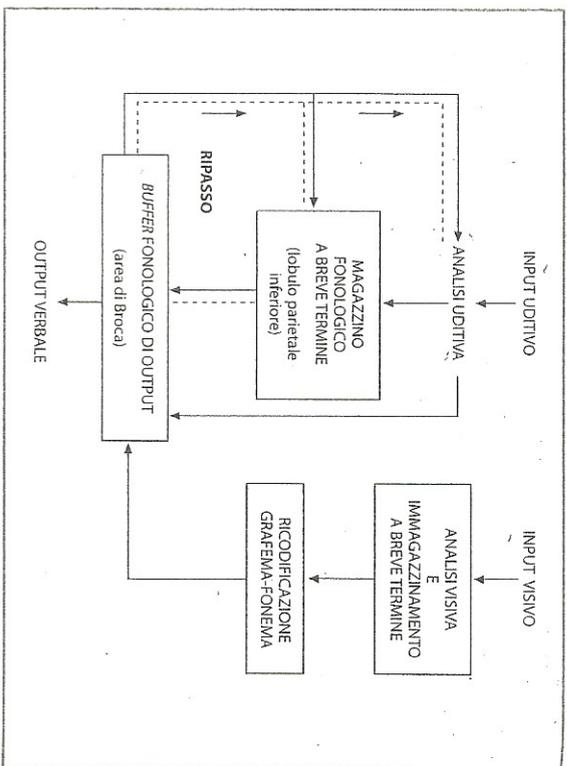


fig. 5.4. Modello della memoria a breve termine verbale.

Fonte: Baddeley, Wilson e Kopelman (2002).

abolisce l'effetto di lunghezza delle parole con presentazione sia uditiva sia visiva. Con la presentazione uditiva l'effetto di somiglianza fonologica non scompare perché il materiale verbale ha accesso diretto al magazzino fonologico a breve termine, mentre nel caso della presentazione visiva deve essere trasferito attraverso il ripasso, dopo che è avvenuta la ricodificazione fonologica (cfr. fig. 5.4). Come già accennato, la capacità della MBT verbale si misura con lo *span* verbale, che consiste nel numero di stimoli verbali (cifre, lettere o parole), non correlati (cioè non collegati fra loro da una logica), che un soggetto è in grado di ripetere correttamente, nello stesso ordine immediatamente dopo la presentazione. Lo *span* è dato dalla lunghezza della sequenza maggiore che un individuo è in grado di ripetere. I pazienti con un deficit di MBT verbale in genere non riescono a ripetere sequenze superiori a 2-3 stimoli verbali (cifre, lettere o parole), non presentano l'effetto di lunghezza delle parole con entrambi i tipi di presentazione (uditiva e visiva) e non presentano l'effetto di somiglianza fonologica con la presentazione visiva. Si comportano quindi come i soggetti senza deficit neurologici durante il compito di soppressione articolatoria.

La MBT verbale è implicata nell'apprendimento di parole nuove, sia quando un bambino impara le parole della lingua madre, sia quando un adulto apprende parole di una lingua straniera. In sostanza servirebbe a mantenere la rappresentazione fonologica della parola nuova nel periodo necessario a formare una rappresentazione stabile della stessa. Pazienti con un deficit selettivo della MBT verbale, infatti, sono incapaci di apprendere parole di una lingua straniera.

Sono state identificate anche le strutture neurali, cioè le parti del cervello, dove avvengono le operazioni proprie della MBT verbale. Il magazzino fonologico, cioè la sede di accesso e mantenimento temporaneo delle informazioni verbali, è rappresentata approssimativamente nella parte inferiore del lobo parietale sinistro, che prende il nome di giro sovramarginale; l'area può comprendere anche la regione motoriale postero-superiore, al confine con la precedente (cfr. fig. 1.8). Il ripasso articolatorio avrebbe sede nella parte inferiore e posteriore del lobo frontale di sinistra, indicata come area di Broca (cfr. cap. 1, par. 5 e fig. 9.2).

3.2. MBT visuospatiale o lacchino visuospatiale

Questo sistema svolgerebbe per le informazioni visive e spaziali la stessa funzione che il circuito fonologico o MBT verbale svolge per gli stimoli acustici e verbali. Si tratterebbe di un sistema necessario a mantenere e manipolare immagini visive, utile quindi quando ci si serve delle immagini per l'apprendimento.

Sebbene la memoria iconica abbia rappresentato una delle aree classiche da cui si è sviluppata la psicologia cognitiva, i brevi processi di immagazzinamento visivo sono stati considerati più rilevanti per la percezione che per la memoria e per questo motivo la componente visuospatiale della MBT ha ricevuto molta meno attenzione rispetto a quella verbale.

Il nostro mondo visivo comprende oggetti o forme di un certo aspetto, con una precisa collocazione nello spazio, ma tali oggetti possono cambiare posizione nel tempo, oppure una sequenza di oggetti diversi può apparire, un oggetto alla volta, nella stessa sede. Ciò suggerisce che possiamo distinguere componenti visive statiche e componenti dinamiche, cioè movimenti nello spazio. Come già riportato, le informazioni riferite a pattern visivi statici sarebbero immagazzinate nei «visual caches», mentre i pattern spaziali dipenderebbero dall'«inner scribe». Numerosi studi hanno confermato questa separazione: un movimento contemporaneo può ridurre la ritenzione di pattern spaziali ma non visivi, mentre la visione di materiale irrilevante interferisce con la ritenzione di informazioni visive ma non spaziali. Le componenti visive e spaziali sono state messe in relazione con il sistema di immagine visiva e con la rappresentazione e pianificazione del movimento. Immaginiamo, per esempio, di essere in una stanza e che improvvisamente manchi la corrente e quindi la luce. Sappremo ricordare dov'è la porta o dove avevamo visto un accendino? Diversi studi hanno dimostrato che la capacità di muoversi nella direzione corretta rimane sufficientemente accurata per circa 30 secondi dopo che si sono spente le luci, mentre la capacità di raggiungere manualmente un oggetto scompare più rapidamente.

Il correlato neurale della MBT visuospatiale non è così ben definito come la sua controparte verbale. A livello generale sembra che più spesso siano lesioni dell'emisfero destro a essere associate a deficit di memoria visuospatiale. A un livello più specifico sembrano coinvolte aree posteriori degli emisferi cerebrali, anche dell'emisfero sinistro, quali le aree occipitali e parietali, incluse le aree visive primarie (cfr. cap. 2, par. 8 e cap. 7, fig. 7.1): ancora più in particolare i compiti

che interessano la MBT visiva generano attività in aree che non comprendono il lobo parietale destro, che invece è interessato in compiti spaziali, confermando l'indipendenza di queste due componenti.

3.3. Modelli di memoria di lavoro «a processi incassati»

Per completezza va segnalato che negli anni '90 sono stati proposti modelli alternativi di memoria di lavoro, contrapposti a quelli «a magazzini». Il modello a magazzini più autorevole è il modello di Baddeley e Hirsch, già descritto. I modelli unitari (tra cui, per esempio, quello di Nelson Cowan [1988; 1995]) considerano che le informazioni siano immagazzinate solo in una MLT. Risorse attentive di capacità limitata (cfr. cap. 3, par. 6) manterrebbero queste rappresentazioni attivate fino a che sono utili per lo svolgimento di un compito in atto. La memoria di lavoro è quindi concepita come la parte attivata della MLT e per questo è considerata «incassata» all'interno della MLT. L'esecutivo centrale avrebbe il ruolo di dirigere l'attenzione e di controllare l'elaborazione volontaria degli stimoli (cfr. cap. 7 e fig. 5.5).

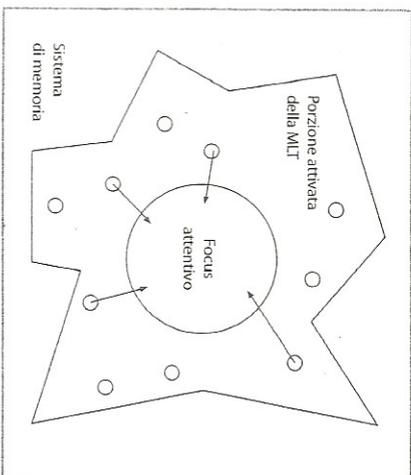


fig. 5.5. Il modello di Cowan.

4. LA MEMORIA A LUNGO TERMINE

La MLT è anch'essa frazionabile in componenti separate. La distinzione più evidente è quella in due classi generali: *memoria esplicita* (o *dichiarativa*) e *memoria implicita* (o *non dichiarativa*). Quest'ultima, erroneamente, viene anche indicata come procedurale, ma, come vedremo più avanti, la memoria procedurale è solo *una* delle varie forme di memoria implicita. La prima, cioè la memoria esplicita o dichiarativa, comprende le forme di MLT che in genere sono rievocate consapevolmente e quindi descritte ad altri come ricordi di eventi, fatti, idee. La memoria non dichiarativa riguarda forme non consapevoli di memoria, che si esprimono attraverso una modificazione del comportamento senza una rievocazione esplicita. Ancora una volta per questa distinzione si è rivelato essenziale l'apporto della neuropsicologia. È noto che i pazienti gravemente amnesici apprendono alcune informazioni o abilità motorie, pur non avendone alcuna consapevolezza. Forse l'esperimento di maggiore influenza è quello riportato da Elizabeth Warrington e Lawrence Weiskrantz [1968] in cui si dimostrava che pazienti amnesici riuscivano a identificare più facilmente figure o parole degradate presentate in precedenza rispetto a figure o parole che

invece erano presentate per la prima volta. Questa facilitazione (*priming*; cfr. par. 8) era la stessa osservata in soggetti che non presentavano deficit neurologici. Comunque il *priming* non è l'unico tipo di apprendimento preservato negli amnesici ed esistono diversi tipi di memoria implicita che coinvolgono regioni cerebrali distinte; tuttavia i vari tipi di memoria implicita hanno un elemento comune e cioè il fatto che non è necessario il richiamo dell'episodio originale durante il quale l'apprendimento ha avuto luogo. Così come negli amnesici varie forme di memoria implicita vengono risparmiate, ci sono pazienti con altre patologie (cfr. par. 8) che possono presentare difficoltà in un tipo particolare di memoria implicita (per esempio l'apprendimento motorio), mentre altre forme sono normali (come la facilitazione percettiva, cioè l'identificazione di parole o figure degradate; cfr. par. 8).

La memoria esplicita, a sua volta, può essere distinta in due sistemi separati, la *memoria episodica* e la *memoria semantica*. La prima si riferisce alla capacità di rievocare eventi specifici ricordandone i dettagli: è retrospettiva quando coinvolge il ricordo di eventi passati, avvalendosi del contesto spazio-temporale in cui tali eventi hanno avuto luogo, ed è prospettica quando riguarda il ricordo di eventi futuri, il ricordarsi di fare le cose. La memoria semantica è invece la conoscenza generica del mondo: sapere il significato delle parole, conoscere il sapore della cioccolata, essere in grado di utilizzare un martello, riconoscere il suono del violino. La relazione fra queste due forme di memoria, episodica e semantica, è più controversa rispetto alle precedenti distinzioni. Una posizione ritene che la memoria semantica sia semplicemente l'accumularsi di episodi dei quali si sono persi gli aspetti contestuali dettagliati e sono rimaste solo caratteristiche generiche [Squire 1992]. Altri sostengono invece che memoria episodica e memoria semantica siano separate [Tulving 1989]: le persone possono giudicare in modo consistente e affidabile se ricordano qualcosa, nel senso di rievocare l'esperienza precisa, o semplicemente sanno che un evento ha avuto luogo. La memoria semantica sarà l'oggetto del capitolo successivo. La maggior parte delle nostre conoscenze sulla memoria episodica deriva dallo studio di un paziente, ora deceduto, di nome HM. A 7 anni, HM cadde con la bicicletta e perse conoscenza. In seguito sviluppò una forma di epilessia resistente ai farmaci che lo obbligò prima ad abbandonare gli studi e poi a lasciare il lavoro. Così a 27 anni fu sottoposto a un intervento chirurgico durante il quale furono rimossi bilateralmente i due terzi anteriori dei lobi temporali mediali. Il problema epilettico effettivamente si risolse, ma HM ebbe una drastica perdita di memoria che rimase assolutamente invariata fino alla sua morte, avvenuta dopo circa 50 anni. Il deficit era specifico per la memoria: l'intelligenza era normale, come pure la MBT: il paziente poteva ripetere brevi sequenze di cifre immediatamente dopo la presentazione. Anche eventi del passato remoto, per esempio della sua infanzia, non erano stati dimenticati: ricordava il proprio nome e la sua occupazione; il linguaggio era preservato, a dimostrazione del fatto che la memoria semantica era normale. Gli eventi del passato precedenti l'intervento (nel caso di HM) o precedenti un trauma (se vi è stato un incidente) o una malattia (per esempio un'encefalite) sono indicati come *memoria retrograda* e se non

sono più ricordati si dice che il paziente ha un'amnesia retrograda. L'amnesia retrograda di HM mostrava un gradiente temporale: gli eventi remoti, come appena descritto, erano rievocati; quelli più vicini al momento dell'intervento invece erano stati dimenticati. Dall'epoca dell'intervento HM non è più stato in grado di apprendere nuove informazioni e quindi la sua memoria anterograda è stata definitivamente compromessa: i pazienti che dal momento della malattia o del trauma non apprendono più nessun evento soffrono di amnesia anterograda. Quanto è successo a HM è stato fonte di molte conoscenze per noi: si è scoperto che i lobi temporali mediali sono fondamentali per la memoria episodica, ma non sono necessari per il ricordo di eventi remoti, che forse verrebbero «trasferiti» in altra sede con il passare del tempo (ma esiste una posizione alternativa; cfr. par. 5). Analogamente la MBT non dipende dai lobi temporali mediali e nemmeno la memoria semantica relativa alle conoscenze apprese prima della malattia. Tuttavia HM non fu più in grado di apprendere il significato di parole entrate in uso dopo il suo intervento, come CD-rom o internet: ciò sembra indicare che per incrementare la nostra memoria semantica siano comunque necessarie le strutture del lobo temporale mediale. HM, come già riferito a proposito di altri pazienti amnesici, mantiene forme di apprendimento implicito (cfr. par. 8). Altre strutture cerebrali sono importanti per la memoria episodica e sono alcuni nuclei talamici (dorso mediale e anteriore) e ipotalamici (corpi mammillari). Talamo e ipotalamo costituiscono il diencefalo, una struttura cerebrale centrale, alla base degli emisferi cerebrali (cfr. cap. 1, par. 10.1 e fig. 1.7).

Un tipo particolare di memoria episodica è la memoria prospettica, cioè la memoria per il futuro, il ricordarsi di fare le cose, di andare agli appuntamenti, di riferire una telefonata ricevuta. I compiti di memoria prospettica hanno tre caratteristiche. La prima è la presenza di un intervallo tra il formarsi dell'intenzione di fare qualcosa e l'opportunità di portare a termine il piano. Le altre due sono la (frequente) mancanza di un esplicito elemento che richiami il ricordo al momento giusto e la necessità di interrompere un'attività per realizzare l'intento. Si distinguono cinque fasi nella realizzazione di un intento dilazionato e precisamente: a) la formazione e la codifica dell'intento e dell'azione, b) l'intervallo di ritenzione, c) l'intervallo di prestazione, d) l'inizio e l'esecuzione dell'azione, e) la valutazione del risultato. La prima fase riguarda la registrazione del contenuto (cosa voglio fare), l'intenzione di fare una certa azione (ho deciso di fare qualcosa) e un contesto per la rievocazione (quando devo rievocare l'intento e l'azione e quando iniziarla). Per esempio, i diversi elementi dell'intenzione di telefonare domani al dentista per prendere un appuntamento possono essere codificati nel modo seguente: «devo» (intento) «telefonare al dentista» (contenuto) «domani» (quando, contesto). La fase successiva riguarda l'intervallo fra la codifica e l'inizio di un potenziale intervallo di prestazione, mentre la fase c) si riferisce all'intervallo in cui l'azione deve essere rievocata. La distinzione fra l'intervallo di ritenzione e quello di prestazione può essere spiegata nel modo seguente: potrei aver pensato due giorni fa di andare dal dentista e quindi l'intenzione di telefonare al dentista è stata codificata allora; di conseguenza

l'intervallo di ritenzione è di circa due giorni. L'intervallo di prestazione dipende dall'orario in cui lo studio dentistico è aperto e posso telefonare. L'intenzione potrà essere rievocata in qualsiasi momento di questo intervallo, ma è necessario che emerga almeno una volta, quando una situazione è riconosciuta come l'occasione adatta in senso di contesto temporale per effettuare l'azione. Le ultime due fasi riguardano l'inizio e l'esecuzione dell'azione programmata e la valutazione del risultato. Quest'ultimo deve essere registrato per evitare una ripetizione della stessa azione o per assicurare la riuscita di un intento posticipato o fallito (nessuno ha risposto alla mia telefonata, oppure il telefono era occupato). La memoria prospettica comprende intenzioni basate sul tempo (alle cinque devo spegnere il forno) e intenzioni basate su un evento (quando vedo Marco, devo ristrutturargli il suo libro). Nel secondo caso, l'evento fornisce un indizio che aiuta a ricordare l'intenzione, mentre le intenzioni basate sul tempo richiedono che il richiamo sia generato dall'individuo stesso. Alcuni distinguono anche intenzioni basate sull'attività (quando finisco di mangiare, devo prendere la pillola antidepressiva), mentre altri ritengono che terminare un'attività sia simile a un indizio esterno come incontrare una persona. Tuttavia il richiamo di intenzioni basate sul tempo e sull'evento di solito richiede l'interruzione di un'attività in corso e ciò comporta un carico particolare sulle risorse attenzionali (cfr. cap. 3, par. 6), mentre l'intenzione basata sull'attività non richiede interruzione, dato che dobbiamo fare qualcosa prima o dopo aver fatto qualcos'altro.

Da quanto detto finora, non vi è dubbio che la memoria sia rappresentata in molte aree cerebrali in maniera distribuita. Tale affermazione si basa, non soltanto sull'esistenza di molte forme di memoria, come si è visto, ma anche sulla complessità degli stessi ricordi. Memorizzare un'informazione di solito è un processo attivo e complesso che include fattori attenzionali ed emozionali e dipende da numerose variabili essenziali e di supporto, che saranno illustrate nel paragrafo successivo.

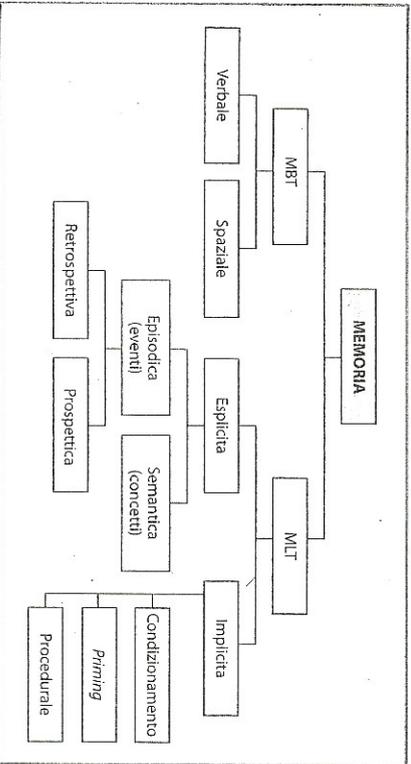


Fig. 5.5. Struttura della memoria.

5. COME SI FORMA IL RICORDO

La prima fase dei processi di memoria consiste ovviamente nel formarsi dei ricordi, cioè nell'apprendimento di nuovi eventi o fatti. L'informazione deve essere acquisita. Questo avviene attraverso tre fasi che interagiscono fra loro e che sono indicate come: codifica, consolidamento e richiamo. Ciascuna di queste fasi coinvolge precise strutture neurali. La codifica è la registrazione iniziale dello stimolo in entrata e comprende vari processi mediante i quali l'informazione è trasformata in una traccia mnestica, cioè una rappresentazione mentale che registra alcuni aspetti dell'esperienza stessa. Qualsiasi forma di memoria comincia quindi con una fase di codifica. Quest'ultima è influenzata da diversi fattori, tra cui il livello di attenzione nel registrare l'informazione, la profondità di elaborazione della stessa e un tipo di apprendimento distribuito nel tempo; anche le emozioni giocano un ruolo nei processi di apprendimento (cfr. par. 7.2). Le strutture cerebrali coinvolte nella codifica sono la parte mediale del lobo temporale e il lobo frontale. Noi non abbiamo sempre lo stesso livello di attenzione, nei suoi vari aspetti (cfr. cap. 3, par. 1). In che modo questo influenza la nostra memoria? Ovviamente, in un caso estremo, per esempio quando dormiamo, abbiamo possibilità molto limitate di apprendere, per quanto ci sia stato un gran numero di tentativi di individuare sistemi di apprendimento durante il sonno. Sfortunatamente misure obiettive sull'efficacia dell'insegnamento mentre si dorme suggeriscono che gli unici frammenti di informazione che sono appresi sono quelli che si ascoltano nelle fasi di addormentamento interpose fra i periodi di sonno profondo. Gli effetti dell'attenzione sulla codifica possono essere esemplificati descrivendo quello che succede nelle testimonianze. Infatti, il restringimento dell'attenzione durante eventi stressanti impedisce la codificazione di informazioni periferiche o contestuali, che cadono al di fuori del fuoco dell'attenzione (cfr. cap. 4). Un esempio dell'importanza dell'attenzione nel ricordo è fornito anche dai compiti di attenzione divisa, in cui un soggetto deve apprendere liste di parole e allo stesso tempo monitorare la posizione di un asterisco su uno schermo, schiacciando un tasto ogni volta che l'asterisco si sposta. Il numero di parole ricordate in questa condizione è nettamente inferiore a quello registrato quando invece il soggetto deve unicamente apprendere la lista di parole.

Un secondo fattore è la profondità di elaborazione dell'informazione, come già accennato. Immaginiamo di leggere la parola CANE. Possiamo semplicemente notare l'aspetto «fisico», e cioè il fatto che la parola è scritta in lettere maiuscole, oppure possiamo elaborarne il suono e considerare che fa rima con la parola PANE, oppure ancora possiamo richiamare il suo significato e pensare che si tratta di un animale a quattro zampe, con la coda che abbaia. Nel primo caso (lettere maiuscole) l'elaborazione è superficiale, riguarda cioè solo l'aspetto esterno della parola; nel secondo caso l'elaborazione fonologica (la rima con un'altra parola) consente una valutazione più approfondita dello stimolo, ma è l'analisi del significato a generare la traccia più ricca e duratura. Negli esperimenti che hanno studiato l'effetto del livello di elaborazione, generalmente l'apprendimento è incidentale, cioè il partecipante non sa che poi dovrà ricordare le parole che legge,

ma sa solo di dover svolgere un compito preciso come identificare in che caratteri è scritta la parola, decidere se fa rima con un'altra parola, oppure verificare se può essere inserita a completare una certa frase. Al termine sarà sottoposto a una prova di memoria, senza essere stato informato in anticipo. Questa è una condizione più vicina a quella della vita reale, in cui facciamo molte esperienze che non cerchiamo volontariamente di codificare in memoria, ma che apprendiamo incidentalmente. All'elaborazione partecipano aree cerebrali in misura diversa, secondo il livello di elaborazione, ma in generale la codifica profonda che permette un ricordo a lungo termine dell'informazione coinvolge la corteccia frontale sinistra, cioè la parte antero-laterale sinistra degli emisferi, e la parte mediale (cioè quella rivolta verso l'emisfero contralaterale) dei lobi temporali. Le aree frontali svolgono un ruolo meno importante quando la codifica è solo superficiale, come per esempio quando l'unica elaborazione richiesta è controllare se in una parola è presente o meno la lettera A. Nell'apprendimento incidentale, l'attivazione, cioè il grado di partecipazione, del lobo frontale sinistro è inferiore rispetto a quando l'apprendimento avviene intenzionalmente. In genere poi se il materiale da codificare è verbale, «lavora» l'emisfero sinistro, mentre se il materiale è non verbale, come, per esempio, un volto, l'attività riguarda le strutture omologhe dell'emisfero destro. Attenzione ed elaborazione, da quanto esposto, sono importanti per codificare il materiale in memoria e dipendono entrambe, in parte, dall'attività delle aree prefrontali. Ne consegue che un danno a queste strutture, come, per esempio, in seguito a un trauma cranico, compromette il ricordo perché i processi di attenzione e di elaborazione sono alterati. Tuttavia, i deficit maggiori si osservano per un danno bilaterale della parte mediale del lobo temporale.

Questa regione sarebbe una zona di convergenza che si occupa di integrare tutte le caratteristiche dello stimolo (per esempio il colore, la forma, l'odore, il suono) o dell'evento (le persone presenti, il luogo e il momento). Infatti, questa parte del cervello riceve informazioni da molte aree cerebrali, che a loro volta ricevono ed elaborano stimoli sensoriali. Una struttura in particolare nel lobo temporale mediale, che prende il nome di ippocampo (cfr. cap. 1, par. 10.4 e fig. 1.10), lega i molteplici aspetti dell'informazione in una rappresentazione mnestica integrata. Il terzo fattore che influenza la codifica è l'apprendimento distribuito. Nel 1880, un filosofo tedesco, Hermann Ebbinghaus, ebbe l'idea, rivoluzionaria per l'epoca, che la memoria potesse essere studiata sperimentalmente e cominciò a testare se stesso. Provò a vedere qual era il suo apprendimento di sequenze di sillabe senza senso (triple consonante-vocale-consonante come ZOL), che potevano essere pronunciate ma non avevano alcun significato. Scelse questo materiale per minimizzare l'effetto della conoscenza pregressa del materiale da apprendere. Ebbinghaus ripeteva queste sequenze ad alta voce e teneva conto del numero di ripetizioni necessarie per apprendere ciascuna lista o per riapprenderla dopo che, trascorso un certo intervallo di tempo, l'aveva dimenticata. Durante l'apprendimento evitava accuratamente di fare associazioni con parole note e si autotestava sempre alla stessa ora del giorno. Questo notissimo esperimento servì a dimostrare che la quantità di materiale appreso dipende dal tempo che si dedica all'apprendimento (se si raddoppia il tempo, raddoppia il materiale

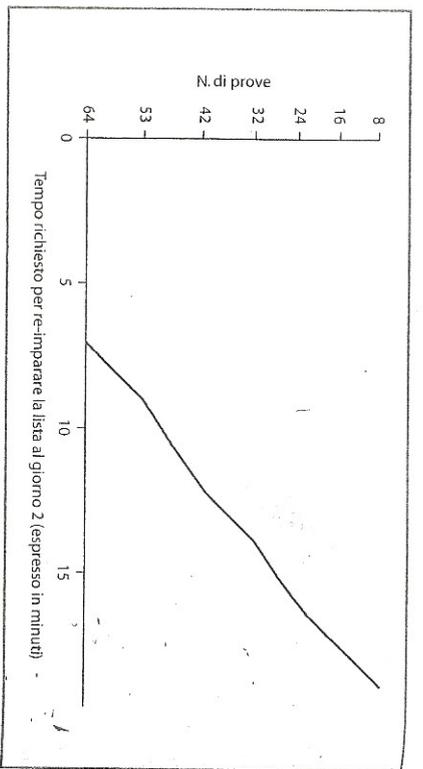


fig. 5.7. Curva di apprendimento di Ebbinghaus. Il numero di prove eseguito il primo giorno (indicato in ordinata) determina il tempo che sarà necessario per re-imparare la lista il secondo giorno (indicato in ascissa).

immagazzinato). Tuttavia, il tempo totale necessario per l'apprendimento non è costante, perché il tempo dedicato il primo giorno permette di risparmiare quello successivo. Per esempio (cfr. fig. 5.7) 64 prove effettuate il giorno 1 richiedono 7 minuti e mezzo; il giorno successivo per imparare l'intera lista serve una quantità di tempo analoga, cioè di nuovo 7 minuti e mezzo, per un totale di 15 minuti, distribuiti su due giorni. Tuttavia se il primo giorno faccio solo 8 prove, avrò bisogno di 20 minuti per imparare la lista il giorno successivo, se ne faccio 32 il primo giorno, allora il secondo giorno avrò bisogno di 15 minuti per re-imparare la lista. Ne consegue che dividere la pratica circa in parti uguali su due giorni determina un apprendimento migliore che concentrarla tutta nel secondo giorno. Vale quindi la regola del «poco e spesso».

La fase successiva nel processo di apprendimento è costituita dal consolidamento. Una volta codificate, le informazioni attraversano una fase in cui diventano più stabili e (forse) indipendenti dal lobo temporale mediale. Il consolidamento si riferisce all'idea che i processi neurali, dopo la registrazione iniziale dell'informazione, contribuiscono all'immagazzinamento permanente del ricordo. Il fenomeno dell'amnesia retrograda, a causa della quale si perdono i ricordi acquisiti prima del danno cerebrale, fornisce una prova in favore del fatto che i ricordi debbano essere consolidati, perché dimostra che ciò che si è appreso non diventa automaticamente permanente. Un esempio di cosa sia il consolidamento può essere tratto da un interessante studio in cui sei giocatori di football americano erano interrogati entro 30 secondi da un trauma cranico e poi a intervalli regolari: sebbene inizialmente essi fossero in grado di fornire un resoconto lucido di quanto era accaduto immediatamente prima dell'urto, in seguito svilupparono un'amnesia relativamente completa per l'evento. Tuttavia l'opinione che i ricordi, una volta consolidati, siano indipendenti dal lobo temporale mediale e più precisamente dall'ippocampo, non è accettata unanimemente. Esistono due teorie contrapposte: secondo il modello standard [Squire e Zola-Morgan 1991],

il consolidamento inizia quando l'informazione, registrata nella neocorteccia, è trasformata in una traccia dall'ippocampo e dalle strutture correlate. Il legame in una traccia di memoria coinvolge un consolidamento o coesione a breve termine che si completa verosimilmente in pochi secondi o al massimo decine di minuti. A questo punto comincia un processo di consolidamento a lungo termine. All'inizio l'ippocampo e le strutture correlate sono necessari, ma poi il loro contributo diminuisce man mano che il consolidamento procede. Secondo la cosiddetta *teoria della traccia multiple* invece [Nadel e Moscovitch 1997], l'ippocampo continuerebbe a essere necessario per la riattivazione delle tracce di memoria e ogni volta che si riattiva una traccia mnestica si forma una nuova traccia. L'informazione sul contesto spazio-temporale che conferisce il carattere episodico al ricordo richiede il continuo intervento dell'ippocampo.

Tuttavia l'aspetto più importante nella memoria è poter accedere ai ricordi consolidati attraverso il richiamo o recupero. Un'esperienza molto comune (cfr. anche cap. 9, par. 4) è quella di sapere qualcosa, ma di non riuscire ad avere accesso all'informazione, come quando incontriamo una persona per strada e siamo sicuri di conoscerla, ma non riusciamo a ricordare dove l'abbiamo vista o come si chiama. Sicuramente immagazziniamo (e sappiamo) molte più informazioni di quante riusciamo a rievocarne. Il richiamo delle informazioni è un evento che può essere avviato da un singolo indizio, come, per esempio, l'improvvisa comparsa di qualcuno oppure l'ascolto di una certa musica: il volto della persona o la musica cambiano il nostro stato mentale attivando una serie di processi che fanno emergere dettagli di situazioni precedenti che appartengono a un preciso momento del nostro passato personale. Sicuramente è più facile richiamare informazioni «archivate» in maniera ordinata. Per esempio, immaginiamo di leggere una lista di 30 parole, alcune delle quali sono fiori, altre frutti, animali, bevande, utensili. Proviamo prima a rievocarne il più possibile in un ordine qualsiasi. Poi facciamo un'altra prova: scriviamo i nomi delle categorie di appartenenza degli stimoli, proviamo a vedere quante parole ricordiamo di ciascuna categoria e confrontiamo quante ne abbiamo ricordate in ciascuna condizione. Il secondo metodo permette di ricordare anche parole che in un primo tempo si erano dimenticate. E come se i suggerimenti (nel primo esempio un volto o un suono, nel secondo l'elenco delle categorie) ci dirigano a cercare nella sede esatta della nostra memoria, permettendoci l'accesso a tracce altrimenti dimenticate. Il recupero avviene quando vi è un appropriato suggerimento che riattiva gli elementi da ricordare. La traccia dell'evento e il suggerimento devono essere compatibili perché il ricordo abbia luogo, nel senso che deve esistere una relazione di tipo associativo o una sovrapposizione di informazioni (come nel riconoscimento; cfr. oltre). In ogni caso la traccia e il suggerimento devono essere collegati in modo che la traccia sia convertita in ricordo. Il concetto di *suggerimento* è stato introdotto da Endel Tulving, lo psicologo che ha contribuito maggiormente alle nostre conoscenze sul richiamo. Ma in che modo un suggerimento, come l'ascolto di una musica, fa ritornare dettagli del passato? I ricordi episodici sono codificati legando insieme i vari aspetti di un evento in una rappresentazione integrata, cosicché un ricordo episodico consiste nell'insieme di tratti connessi fra loro. Ciascuno di questi

tratti può aprirci la strada verso la rievocazione, anche se abbiamo a disposizione un numero limitato di informazioni: quando un elemento che corrisponde a parte dell'informazione codificata, come l'ascolto di una musica, si ritrova nella rappresentazione immagazzinata, altri elementi connessi – una persona, una conversazione, un luogo – si riattivano. La parte mediale del lobo temporale (e precisamente l'ippocampo) è cruciale per questa integrazione di elementi.

All'interno del lobo temporale mediale (cfr. fig. 1.8 e 1.10), inoltre, si possono distinguere basi neurali distinte per il richiamo rispetto alla codificazione descritta in precedenza. In un esperimento fMRI, durante la codificazione di materiale non familiare (i soggetti osservavano scene di esterni o di interni, alcune apparivano una sola volta e altre più volte, e giudicavano se appunto rappresentavano un interno o un esterno), l'attivazione maggiore era nella corteccia parippocampale (vicina all'ippocampo) durante la codificazione di scene non familiari, cioè visive per la prima volta. Invece nel compito di richiamo, che consisteva nel giudicare se le parole presentate corrispondevano a disegni visti in precedenza, c'era un'attivazione maggiore nel subicolo (una parte dell'ippocampo propriamente detto) quando comparivano parole corrispondenti a disegni appresi in precedenza rispetto a quando le parole non corrispondevano a nessun disegno precedente. Il richiamo episodico però non richiede solo l'intervento del lobo temporale mediale. Un importante contributo è dato dai lobi frontali. Infatti, i pazienti con una lesione in questa sede hanno difficoltà a ricordare da chi e come hanno appreso un fatto anche quando possono rievocare l'evento stesso (si chiama *amnesia per la fonte*, *source amnesia*), dimostrando così un deficit specifico nel rievocare il contesto. Le aree prefrontali, che, come si vedrà (cfr. cap. 7 e fig. 7.1) svolgono un ruolo cruciale nelle funzioni esecutive, sono importanti nel pianificare la rievocazione, perché selezionano le strategie adeguate per facilitare il richiamo e inoltre servono per risolvere i conflitti o l'interferenza fra ricordi in competizione, nel senso che un singolo indizio può richiamare più ricordi e questi competono per emergere nella loro interezza. L'interferenza durante la rievocazione provoca oblio e gli studi sui pazienti con lesioni frontali indicano, infatti, che questi pazienti sono particolarmente sensibili all'interferenza. Infine questa regione cerebrale è importante nella valutazione o nel monitoraggio delle informazioni rievocate, permette cioè di valutare la qualità e la quantità di ciò che si è ricordato.

Abbiamo descritto le fasi attraverso cui avviene il ricordo: codifica, consolidamento e richiamo. Tuttavia esiste un altro elemento rilevante cui si è già fatto riferimento, il *contesto*. Tutti hanno sperimentato che per ricordare qualcosa, ristabilire l'ambiente originario in cui l'evento si è verificato fornisce un altro determinante nella rievocazione. Il fenomeno della *dipendenza dal contesto* è illustrato in maniera chiara da un esperimento condotto su un gruppo di sommozzatori. Dopo aver ascoltato, o sulla spiaggia o sott'acqua, la presentazione di 40 parole non correlate, i sommozzatori erano testati nello stesso ambiente o in quello alternativo e veniva loro chiesto di rievocare quante più parole possibili. I risultati erano netti: il materiale appreso sott'acqua era meglio rievocato sott'acqua e il materiale appreso sulla spiaggia era rievocato meglio sulla spiaggia; le due

prestazioni non differivano. Tuttavia in una prova di riconoscimento, anziché di rievocazione libera come la precedente, l'effetto di dipendenza dal contesto spariva e il numero di parole riconosciute era identico indipendentemente dal fatto che l'ambiente in cui era avvenuto l'apprendimento fosse o no lo stesso in cui avveniva il riconoscimento. Ciò suggerisce che gli indizi ambientali possono essere importanti nel localizzare la traccia di memoria, mentre nel compito di riconoscimento la presentazione della parola bersaglio rende molto probabile l'accesso immediato alla traccia e quindi non sono necessari ulteriori indizi ambientali.

Il contesto illustrato finora si riferisce all'ambiente esterno in cui avviene l'apprendimento. Un effetto simile si ottiene anche quando si modifica l'ambiente interno del soggetto, per esempio con l'uso di sostanze, come l'alcol o la marijuana. I forti bevitori che nascondono l'alcol o i soldati mentre sono ubriachi non riescono a ricordare il nascondiglio, una volta sobri; quando si ubriacano di nuovo, ricordano. L'effetto si chiama *stato-dipendenza* e si osserva anche con alcune sostanze utilizzate per l'anestesia. Anche in questo caso il fenomeno si ottiene solo con la rievocazione e scompare utilizzando il riconoscimento.

Infine, anche il tono dell'umore influenza la rievocazione: se un individuo depresso deve rievocare ricordi autobiografici, tenderà a riportare eventi infelici; quanto più depresso è un soggetto, tanto più rapidamente è rievocata l'esperienza negativa (cfr. par. 7.2).

Abbiamo parlato di rievocazione libera e di riconoscimento. Nel primo caso il compito del soggetto è richiamare un'informazione appresa in precedenza; nel secondo si tratta della capacità di giudicare come familiare (già incontrato) un determinato stimolo. Nel 1985 Tulving ha distinto due tipi di riconoscimento, identificati come *ricorda (recollection)* e *consoscenza o familiarità*: quando uno stimolo comporta una rievocazione dell'episodio durante il quale è stato appreso o comunque incontrato, si parla di ricordo (*recollection*); se invece non si è in grado di evocare l'episodio di apprendimento, ma si sa solo di avere già incontrato un dato stimolo, si parla di *consoscenza o familiarità*. Immaginiamo di incontrare una persona alla stazione e di riconoscerla il suo volto: potrebbe esserci semplicemente familiare, cioè produrre la sensazione di averlo già visto, oppure possiamo ricordare anche dove abbiamo già incontrato quella persona e in quale occasione; in questo secondo caso si parla di *recollection*. Quest'ultimo è un processo molto simile alla rievocazione di ricordi episodici facilitati da indizi e, probabilmente, i meccanismi sono gli stessi. La familiarità, al contrario, dipenderebbe da processi distinti: non si fa riferimento a uno specifico dettaglio, ma si avverte una sorta di sovrapposizione fra la traccia mnemonica nel suo insieme e lo stimolo intero. La *recollection* è un processo più lento, che richiede uno sforzo attivo da parte del soggetto; inoltre dipende dal livello di attenzione al momento della codifica e del richiamo. Le strutture temporali medial potrebbero differire nel loro contributo alla familiarità e alla *recollection*. Sembra che i giudizi basati sulla familiarità possano essere effettuati grazie alla corteccia adiacente all'ippocampo, che quindi non sarebbe necessario ai giudizi di familiarità, ma sarebbe invece cruciale nella *recollection*. Tuttavia anche riguardo a quest'ar-

gomento le posizioni menzionate in precedenza si scontrano sensibilmente: secondo il gruppo di Squire (modello standard), infatti, i pazienti con una lesione bilaterale limitata alla regione ippocampale hanno una compromissione simile nelle componenti di familiarità e *recollection*, per cui la loro conclusione è che qualsiasi tipo di riconoscimento dipenda dall'integrità dell'ippocampo.

La riattivazione di una traccia mnestica la rende suscettibile rispetto a una possibile alterazione e quindi richiede un nuovo consolidamento per poter rimanere disponibile in MLT per una successiva rievocazione. I ricordi episodici, cioè, possono essere compromessi, subito dopo essere stati rievocati [Strange *et al.*, 2010]. Questa ipotesi, nota come ipotesi del consolidamento, è basata su diversi studi. Alcuni di essi mostrano come ricordi consolidati, possono essere persi in seguito a terapia elettroconvulsiva o quando si presenta del materiale interferente immediatamente dopo che un ricordo è stato riattivato o rievocato.

6. LA MEMORIA AUTOBIOGRAFICA

Con questa espressione ci si riferisce ai ricordi che riguardano noi stessi e i nostri rapporti con il mondo che ci circonda (il Sé esperito). In realtà la memoria autobiografica non è un sistema separato, ma include sia una componente semantica («Come si chiamava la mia scuola elementare?» «In che giorno ho superato l'esame di maturità?») sia una episodica («Che cosa mi è successo il primo giorno di scuola?»). La memoria autobiografica quindi coinvolge entrambi gli aspetti della memoria dichiarativa, rappresentati dagli eventi che ci sono capitati (memoria episodica) e dalle informazioni su noi stessi (memoria semantica). La memoria autobiografica ha un'importanza fondamentale per creare una rappresentazione del Sé, per le emozioni e per l'esperienza dell'essere umano, cioè dell'essere un individuo, in una cultura, in un determinato tempo. Per tutti questi motivi la memoria autobiografica è oggetto di studio in diversi campi, che spesso non comunicano fra loro. Così chi si occupa di teoria della personalità è interessato a come i vari stili di personalità e di attaccamento aumentino l'accesso a determinati gruppi di ricordi, mentre gli psicologi evolutivi si focalizzano sulla natura dei ricordi dell'infante e del bambino e del giovane adulto, come pure sull'amnesia dell'infanzia osservata negli adulti. Il neuro-psicologo invece si occupa della neuroanatomia e di altri aspetti neurobiologici che mediano il ricordo autobiografico.

Secondo Conway [2000; 2005], i ricordi autobiografici sono costruzioni mentali dinamiche transitorie basate su una conoscenza autobiografica di base. Per esempio, so di aver fatto 20 anni fa un viaggio alle Isole Lofoten, ma richiamo l'episodio dettagliato solo in un secondo tempo o non lo richiamo affatto. Queste esperienze di *recollection* hanno luogo quando la conoscenza autobiografica, cioè la nostra memoria semantica, mantiene un accesso al ricordo episodico associato; nell'esempio precedente: quando la conoscenza che sono stata alle Lofoten si collega a una specifica *recollection*, come quella di essere stata aggredita da un gabbiano. Un elemento essenziale dei ricordi autobiografici è la struttura

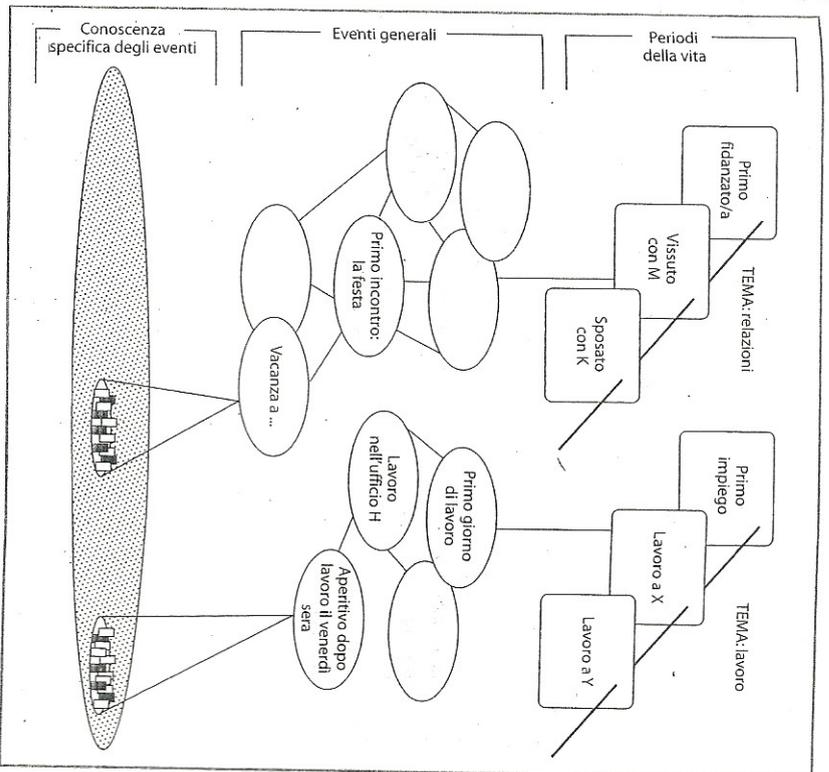


fig. 5.8. Modello di memoria autobiografica.
Fonte: Conway (1996).

gerarchica, rappresentata da una serie di eventi generali della vita, legati a un numero di temi ampi, come il lavoro e le relazioni personali. Questi a loro volta si suddividono in diversi periodi della vita (cfr. fig. 5.8).

I periodi della vita possono per esempio essere indicati così: *quando avevo 13 anni, quando andavo all'Università, quando vivevo con X, quando lavoravo a Y e così via*. Essi identificano un inizio e una fine e il loro contenuto comprende un numero di eventi generali, che possono includere individui (vivevo con X) e luoghi (Università) oppure attività (lavoravo). Questi sono ancora espressi in maniera relativamente astratta ma poi possono portare alla rievocazione di episodi specifici; per esempio il colloquio preliminare per andare a lavorare a Y. Questi ricordi a loro volta possono essere stati immagazzinati a un livello ancora più profondo contenente informazioni percettive dettagliate, come la pioggia di quel giorno. Nel richiamare un evento, è proprio il dettaglio sensoriale che generalmente ci convince che il ricordo è assolutamente corretto. Il processo di

richiamare questi dettagli e di riconoscerli come familiari è basato sulla coscienza *autonettica*, cioè la capacità di riflettere sui propri pensieri. L'accesso a questi eventi dettagliati richiede alcuni secondi e non è immediato come l'accesso alla memoria semantica. In linea con il modello della memoria di lavoro, Conway propone l'esistenza di un *Sé di lavoro* (*working self*). Il *Sé di lavoro* nella memoria autobiografica svolge un ruolo simile a quello della memoria di lavoro nella cognizione più in generale. Esso comprende un insieme complesso di obiettivi, modula l'accesso alla MLT ed è a sua volta influenzato dalla MLT. Il *Sé di lavoro* è un modo di codificare quello che è, quello che è stato e quello che sarà, ma per essere efficace deve essere coerente con la realtà circostante. Quando questo legame si perde, si verificano problemi come le confabulazioni o i deliri. I pazienti con lesioni della parte anteriore del lobo frontale, la regione prefrontale, hanno difficoltà di accesso ai ricordi autobiografici e anche di valutazione nel giudicare se un evento è realmente accaduto e quindi presentano confabulazioni, che sono produzioni di ricordi di eventi che non si sono mai verificati. Tuttavia anche le aree occipito-temporali, cioè le porzioni posteriori degli emisferi cerebrali coinvolte nella costruzione di immagini visive (*visual imagery*), sono importanti nella rievocazione di ricordi autobiografici.

7. L'OBLIO

Il momento in cui siamo più consapevoli della nostra memoria è quando ci dimentichiamo. In genere le persone si lamentano di avere una «cattiva» memoria se dimenticano gli appuntamenti o i compleanni, perdono gli oggetti o non ricordano i nomi delle persone.

Ancora una volta fu Ebbinghaus a studiare su se stesso come si dimenticano le informazioni. L'*oblio* è rapido all'inizio ma gradualmente rallenta, con un andamento logaritmico. In altre parole, se due tracce di memoria sono ugualmente forti in un certo momento, quella più vecchia durerà di più e sarà dimenticata meno rapidamente. Esistono due teorie tradizionali sull'oblio. La prima sostiene che le tracce di memoria sostanzialmente «impallidiscono» o si deteriorano, divenendo quasi indistinguibili, come un dipinto che esposto al sole a poco a poco perde i suoi colori originali. La seconda teoria suggerisce invece che l'oblio ha luogo perché le tracce mnestiche sono oscurate dalle informazioni apprese successivamente, e cioè le nuove informazioni interferiscono con le precedenti. Quale fra queste due interpretazioni è corretta? Se la traccia decade spontaneamente allora il fattore cruciale che determina quanto viene rievocato dovrebbe essere semplicemente il tempo trascorso: maggiore il tempo trascorso, maggiore l'oblio. Se invece l'oblio dipende dall'interferenza, allora il fattore cruciale è rappresentato dal numero degli eventi che si sono verificati in quell'intervallo di tempo: un numero maggiore di eventi corrisponde a un maggiore oblio. I dati sperimentali fanno propendere per questa seconda possibilità e cioè per il ruolo dell'interferenza. L'oblio di vecchie informazioni causato dall'arrivo di nuove è chiamato *interferenza retroattiva*: il termine «retroattiva» implica che

l'interferenza opera sul materiale precedente, il che non è strettamente vero; significa piuttosto che il materiale nuovo sovrappanza quello vecchio. Bisogna però precisare che esiste anche l'*interferenza proattiva* o *inibizione proattiva* quando la vecchia traccia lotta per riprendere il suo posto. Le due forme di interferenza ci mostrano che le nostre esperienze tendono a interagire, con il risultato che difficilmente il ricordo di un evento è completamente isolato da quello di altri: più due esperienze sono simili, maggiore sarà la probabilità che interagiscano, in alcuni casi questa interazione è utile, ma quando è imporrante separare i ricordi, si generano difficoltà e aumenta la quota di oblio.

7.1. Le illusioni di memoria

L'oblio è un fenomeno familiare a ciascuno di noi, ma esiste un altro aspetto più curioso: ricordi che ci sembrano chiari possono non esistere o comunque essere distorti. Questo errore può avere origine da ciascuno dei livelli descritti: la codifica, il consolidamento, il richiamo. Durante la codifica noi siamo influenzati dalle conoscenze che abbiamo sul mondo e dalle nostre credenze/ aspettative. Inoltre il richiamo è un processo di ricostruzione nel senso che ciò che ricordiamo non è sempre una diretta riattivazione di ciò che è successo in fase di codifica; noi ricostruiamo il passato piuttosto che riprodurlo.

Anche episodi eccezionalmente vividi, a forte contenuto emozionale, non sono immuni da distorsioni. Per esempio, circa il 43% di soggetti cui era stato chiesto di rievocare le circostanze in cui avevano appreso il verdetto riguardante O.J. Simpson (e cioè dove si trovavano, con chi, che cosa avevano provato, e così via) rispondeva in modo considerevolmente distorto a distanza di 32 mesi, rispetto a quanto aveva riferito tre giorni dopo il verdetto. Un soggetto che dopo tre giorni aveva affermato di aver appreso la notizia mentre si trovava all'università, a distanza di 32 mesi riferì di essere stato a casa con la sorella e il padre. Molti di questi soggetti erano assolutamente certi dell'accuratezza della loro rievocazione. Lo studio delle illusioni percettive (come per esempio considerare di lunghezza diversa due linee curve che in realtà sono uguali) e mnestiche in psicologia è iniziato alla fine del Diciannovesimo secolo, ma mentre le illusioni percettive hanno suscitato grande interesse (cfr. cap. 2), fino al 1970 gli studi sulle illusioni di memoria sono stati solo sporadici. L'argomento è poi tornato di attualità, soprattutto in considerazione dei ricordi traumatici recuperati in psicoterapia. Frederic Bartlett, in un popolare libro del 1932 dal titolo *Remembering*, ha ipotizzato che, siccome non si ricorda necessariamente tutta l'esperienza, ma solo l'argomento generale, la rievocazione diventa un processo ricostruttivo organizzato per schemi o temi generali, poi completati/riempiti con dettagli che possono anche essere sbagliati. In particolare i soggetti tendono a razionalizzare i ricordi: se un evento presenta degli aspetti non ben strutturati, chi lo rievoca tende a riorganizzarlo secondo le proprie conoscenze. La codifica verbale ha un ruolo cruciale sull'immagine visiva: infatti se si presenta una figura ambigua indicandola con un nome che non corrisponde all'immagine e a distanza

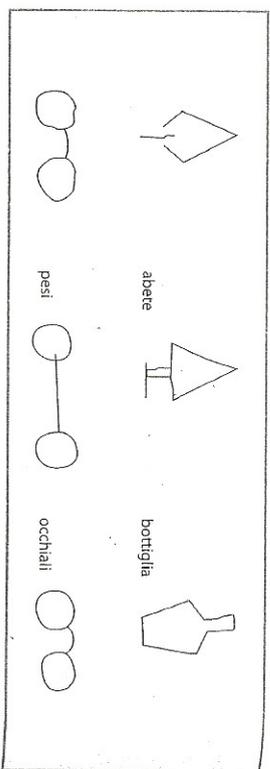


fig. 5.9. Esempi di come la stessa immagine viene ridisegnata in modo diverso a seconda dell'etichetta verbale con cui è stata presentata.

di tempo si chiede di disegnare la figura vista, i soggetti tendono a disegnare l'immagine che corrisponde al nome fornito e non invece la figure ambigua, così come era stata presentata, perché è stata codificata mentalmente con quel nome (cfr. fig. 5.9).

I ricordi di eventi passati, come già riportato, sono costituiti da un insieme di tratti registrati attivamente durante la codifica. Ricordare un certo evento coinvolgerà la riattivazione delle componenti che costituiscono il ricordo desiderato. Se i tratti dell'evento sono legati in modo inadeguato può esserci un deficit nell'identificare la fonte del ricordo: in questo caso il soggetto non ricorda la situazione in cui l'evento è stato memorizzato. Il secondo problema, al momento della codifica, è quello di mantenere le rappresentazioni di eventi diversi distinte fra loro. Se due eventi hanno molte caratteristiche (semantiche o percettive) in comune (per esempio ogni due mattine vado in piscina e quindi ci sono molti eventi simili che corrispondono all'andare a nuotare), in seguito si rievocheranno soltanto le somiglianze o il significato generale comune a molti episodi. In altre parole, se la «forma complessiva» di ciascun evento non è codificata in modo ben distinto da quella di altri, sarà difficile rievocare le informazioni specifiche che servono a distinguere un evento da altri simili: al momento della rievocazione è possibile che si rievochi qualcosa comune a molte rappresentazioni in memoria, oltre all'informazione che si desidera effettivamente ricordare. Secondo l'esempio precedente, se si chiede di rievocare un'occasione in cui si è andati in piscina, emergerà un numero infinito di eventi con queste caratteristiche. Allora, durante la rievocazione bisogna *mettere a fuoco* (cioè costruirsi una descrizione il più dettagliata possibile) l'episodio specifico che si desidera richiamare. Vi sono diversi fattori responsabili delle distorsioni nei ricordi. Tra questi vi sono i cosiddetti *effetti di relazione*. Se voglio rievocare un episodio, la rievocazione è influenzata dalle mie conoscenze. In altre parole la memoria semantica ha un effetto su quella episodica. Per esempio un brano di prosa che presenti delle incongruenze sarà reinterpretato in base alle conoscenze che una persona ha del mondo, si avrà cioè un fenomeno di razionalizzazione. Oppure è possibile che al momento della registrazione iniziale, si facciano delle implicazioni: per esempio se si presentano alcune frasi come «il masso è precipitato dalla montagna», «la casa è stata distrutta» e in una fase successiva si presentano alcune frasi identiche

alle precedenti e altre come «il masso è precipitato dalla montagna e ha distrutto una piccola capanna», sembrerà di aver letto anche quest'ultima frase, perché contiene dei concetti che sono presenti separatamente nelle altre frasi. È possibile fare anche delle implicazioni pragmatiche, per cui si ricordano informazioni mai presentate, che potremmo avere implicitamente considerato come conseguenti all'evento. Se per esempio un individuo legge che un campione di karate ha *colpito* un asse di legno, potrà rievocare che il campione di karate ha *rotto* un asse di legno, perché in genere un campione di karate quando colpisce un pezzo di legno, lo rompe. Tuttavia questa informazione non era espressa nella notizia originale. Una terza possibilità è che si riconoscano come già esperiti eventi associati a quelli che si sono effettivamente verificati: se, per esempio, si presenta una lista di parole come «dormire, cuscino, materasso, sonno, stanco, riposo» e successivamente si mostra una lista in cui oltre a queste parole è presente la parola «letto» (paradigma di Deese, Roediger e McDermott [Deese 1959; Roediger e McDermott 1995]), sembrerà di averla già vista, semplicemente perché il suo legame semantico con le altre parole è molto forte. Tale tipo di risposta è indicata come IAR (*risposta associativa implicita*, in inglese *Implicit Associative Response*). Un analogo meccanismo avviene per associazione percettiva, per esempio con parole associate fonologicamente (che hanno cioè un suono simile, come «gatto, patto, matto»). Questi falsi riconoscimenti sono un errore nel cosiddetto monitoraggio della risposta. Il monitoraggio dovrebbe permettere di decidere se un'informazione attivata è una rievocazione esatta oppure è una fantasia o il ricordo di un evento solo immaginato.

Un altro meccanismo che distorce il ricordo è l'interferenza. Quanto più due eventi a breve distanza sono simili, tanto più si confonderanno fra loro, come già riportato. Al contrario del meccanismo precedente (effetto di relazione), in questo caso è la memoria episodica a interferire su quella semantica. Un esempio è costituito dal riconoscimento di nomi famosi. Se a un soggetto si presenta più volte una lista di nomi sconosciuti (in cui per esempio ci sia il nome Federico Bianchi) e poi si presenta una lista mista di nomi famosi e sconosciuti, quelli presentati più volte potranno essere identificati come nomi noti, anche se la familiarità dipende solo dall'averli letti o sentiti più volte in precedenza. In altre parole l'apprendimento episodico (nomi nuovi appresi) interferisce con la memoria semantica (nomi di personaggi famosi).

L'*immaginazione* è un'altra fonte di distorsione. Spesso per ricordare meglio si costruiscono immagini mentali. Tuttavia, l'immagine può anche essere fonte di illusioni di memoria. Possiamo immaginare qualcosa che non è mai accaduto oppure «gonfiare» un evento con la nostra immaginazione, al punto che poi a distanza di tempo non saremo più in grado di ricordare se l'evento è frutto della nostra immaginazione o è realmente accaduto.

Infine il modo in cui sono poste le domande è determinante nell'influenzare la rievocazione. In un famoso esperimento sulla testimonianza oculare, si mostrava un filmato di uno scontro fra auto e poi si chiedeva quale potesse essere la velocità delle auto al momento dell'urto. La domanda era posta utilizzando verbi diversi come «sfraccellare, entrare in collisione, urtare, sfiorare, scontrare».

I soggetti riferivano una velocità diversa a seconda del verbo utilizzato nel porre la domanda. Una rievocazione libera, senza domande specifiche, è più esente da distorsioni rispetto a quando le richieste sono specifiche. Un secondo meccanismo che provoca distorsioni è quando si prova a rievocare più volte un evento che non si è mai verificato, perché aumenta la probabilità che in futuro sia rievocato ancora, come se fosse realmente avvenuto. Addirittura si è osservato che la probabilità di false rievocazioni eccede quella di eventi realmente accaduti: è cioè più probabile rievocare un evento che non si è mai verificato di uno realmente accaduto, aumentando il numero di rievocazioni. Nel cercare di rievocare un evento si può anche procedere per tentativi. In un esperimento, si mostrava un video ad alcuni soggetti e poi si domandavano cose non presentate nel video. I soggetti, consapevolmente, visto che lo aveva chiesto lo sperimentatore, costruivano i dettagli. A una settimana di distanza si chiedeva loro di rievocare quanto avevano visto nel video: i soggetti rievocavano anche gli episodi che avevano costruito essi stessi e che non erano comparsi.

I fattori sociali, infine, rappresentano un elemento che influenza i falsi ricordi. Per esempio, se si somministrano delle prove di memoria a coppie di soggetti, compagni o comunque persone che hanno fra loro un qualsiasi tipo di relazione, i falsi riconoscimenti effettuati da quello che risponde per primo, saranno confermati dal secondo. Questo fenomeno è maggiore per i falsi ricordi che non per quelli veri. Esistono poi differenze individuali nel produrre falsi riconoscimenti. I più esposti sono i bambini e gli anziani. L'età comporta un duplice problema quindi: si dimenticano gli eventi realmente accaduti, ma si ricorda un maggior numero di episodi che non si sono mai verificati. Questo effetto è particolarmente marcato nei pazienti con malattia di Alzheimer.

7.2. Componenti emozionali della memoria

Le emozioni possono essere un fattore importante per la memoria. Quando si domanda a un depresso di rievocare ricordi autobiografici, tende a ricordare eventi infelici: più un individuo è depresso, più rapidamente rievoca esperienze spiacevoli. Un motivo potrebbe essere che un depresso probabilmente può avere avuto una vita meno piacevole e questa potrebbe essere la ragione per cui è depresso. Tuttavia alcuni esperimenti, in cui si induceva uno stato felice o triste, hanno mostrato che l'umore opera nello stesso modo degli indizi esterni: i ricordi di eventi sommozzatori: uno stimolo appreso con un certo umore è ricordato meglio quando si è nello stesso umore.

La valenza emotiva può essere una caratteristica del materiale da ricordare o un tratto dello stato psicologico in cui si trova chi deve ricordare. Nel caso del materiale da ricordare, per esempio, può essere che una parola abbia un connotato positivo o che un evento della vita sia particolarmente doloroso. Nel caso dello stato psicologico di chi ricorda, si deve fare un'attenta distinzione fra due momenti in cui lo stato emotivo può influenzare la memoria: uno è quando i ricordi si formano (cioè la fase di codifica) e l'altro quando si rievocano (il

richiamo). Alcune ricerche hanno dimostrato che gli stimoli a contenuto emozionale tendono a essere rievocati meglio di quelli neutri, siano essi eventi, parole o figure. Le ricerche sullo stato emotivo al momento della codifica, per esempio in coloro che avevano assistito al crollo delle torri gemelle, hanno mostrato che intense emozioni migliorano la memoria per gli aspetti centrali dell'evento mentre riducono i dettagli di sfondo, probabilmente perché l'emozione devia l'attenzione (cfr. cap. 4, par. 14) e il successivo richiamo. Tuttavia è fuorviante studiare isolatamente ciascuno di questi tre aspetti (contenuto emozionale, stato emotivo durante la codifica, stato emotivo al momento del richiamo) perché gli effetti delle emozioni su ciascuno di essi spesso interagiscono fra loro. Al momento della codifica, lo stato emotivo di chi si forma il ricordo può interagire con il contenuto emozionale del materiale e influire su quanto sarà appreso. Questo effetto, indipendente da qualsiasi stato emotivo esistente durante il richiamo, è conosciuto come «apprendimento congruente con il tono dell'umore», quando il contenuto emozionale del materiale da apprendere è in accordo con lo stato emotivo di chi apprende, ed è ricordato meglio rispetto alla condizione «incongruente con il tono dell'umore», nella situazione opposta. Al momento della rievocazione ci sono due effetti distinguibili: il primo coinvolge l'interazione fra lo stato emotivo esistente al momento della codifica e lo stato attuale, quando si deve rievocare; gli effetti di questa interazione, indipendentemente dal contenuto emozionale del ricordo di per sé, sono noti come «rievocazione dipendente dal tono dell'umore». Il secondo effetto presente in fase di richiamo riguarda l'interazione fra lo stato emotivo attuale e il contenuto emozionale del ricordo; l'effetto di questa interazione, indipendente dallo stato emotivo al momento della codifica, è noto come «rievocazione congruente con il tono dell'umore», quando il contenuto emozionale dei ricordi, concordando con lo stato attuale, ne favorisce la rievocazione. La rievocazione è incongruente con l'umore quando vi è contrasto fra contenuto e stato emotivo al momento del richiamo.

Di recente vi è qualche indicazione che l'amigdala (un piccolo nucleo posto anteriormente all'ippocampo, simile a una mandorla, da cui il nome) abbia un ruolo nella memoria emozionale, in particolare nelle fasi iniziali di consolidamento. Nei soggetti senza deficit neurologici si è osservata una marcata facilitazione del riconoscimento e della rievocazione quando il materiale include stimoli fortemente aversivi che provocano un'allerta emotiva. In molti pazienti con lesione bilaterale dell'amigdala manca questo effetto, nel senso che i soggetti non ricordano gli stimoli a contenuto emozionale meglio degli stimoli neutrali. In particolare, pazienti con la sindrome di Urbach-Wiethe (una malattia ereditaria molto rara, che produce calcificazioni bilaterali nel lobo temporale mediale anteriore, specialmente nell'amigdala) non mostrano significative differenze dal punto di vista cognitivo rispetto a soggetti normali, ma si differenziano a livello emozionale. L'amigdala nell'uomo influenza l'elaborazione di stimoli emotivi sia positivi sia negativi. Gli studi di neuroimmagine hanno mostrato che l'attivazione dell'amigdala correla positivamente con gli stimoli che in un secondo momento sono ricordati meglio, ma ciò avviene solo per quelli con un forte connotato emozionale. Quindi diverse fonti suggeriscono che l'amigdala aiuti a potenziare

le tracce mnestiche degli stimoli a contenuto emozionale durante l'acquisizione e il consolidamento. Inoltre potrebbe esserci un diverso contributo da parte dell'amigdala di destra e di sinistra. Uno studio fMRI [Maratos *et al.*, 2001], in cui si è esaminato il circuito sottostante il richiamo di ricordi a valenza emotiva, ha mostrato che il riconoscimento di parole presentate in un contesto negativo dal punto di vista emozionale, in confronto a contesti neutrali, era associato a un aumento di attivazione in varie aree cerebrali, tra cui la corteccia prefrontale dorsolaterale destra, l'amigdala e l'ippocampo di sinistra. Il riconoscimento di parole presentate in un contesto positivo rispetto a contesti neutri era associato a un aumento di attivazione nella corteccia prefrontale e orbitofrontale (regione nota per essere coinvolta in contesti emozionali positivi, presumibilmente di «ricompensa») bilateralmente e nel lobo temporale anteriore di sinistra (regione che sembrerebbe attribuire la valenza emotiva alle esperienze). Questi risultati hanno quindi suggerito che l'attività neurale, che media il richiamo episodico dell'informazione contestuale e la conseguente elaborazione, è modulata dalle emozioni in almeno due modi. In primo luogo, vi è un aumento di attività nelle strutture normalmente coinvolte nel richiamo episodico di informazioni neutre. In secondo luogo, le regioni che si attivano di solito quando sono presenti stimoli emozionali nell'ambiente si attivano anche quando queste informazioni devono essere richiamate dalla memoria.

8. LA MEMORIA NON DICHIARATIVA

La memoria non dichiarativa, per definizione, opera in assenza di consapevolezza ed è testata indirettamente, esaminando le modificazioni nel comportamento (aumento di accuratezza e/o maggior rapidità nell'esecuzione di un compito). Noi non sappiamo descrivere i contenuti della nostra memoria non dichiarativa. Abbiamo imparato ad andare in bicicletta, qualcuno a sciare o a giocare a tennis, ma l'apprendimento è chiaramente diverso da quello che ci permette di ricordare i dettagli di una gita in bicicletta o in montagna. Esistono numerosi sistemi di memoria non dichiarativa, ciascuno con attributi unici e circuiti cerebrali specifici. Tali circuiti non comprendono il lobo temporale mediale, come già indicato, e pertanto i pazienti con amnesia, come HM (cfr. par. 4), non mostrano problemi di memoria non dichiarativa, tant'è vero che molte conoscenze sulla memoria implicita ancora una volta dipendono da studi su pazienti amnesici. Larry Squire identifica quattro tipi di apprendimento non dichiarativo e predefinisce: l'acquisizione di abilità o memoria procedurale, gli effetti di priming (cfr. par. 4 e oltre), il condizionamento e l'apprendimento non associativo.

Tra le forme di memoria implicita o non dichiarativa, quella più studiata è probabilmente la memoria procedurale, che corrisponde alla capacità di acquisire abilità motorie o cognitive gradualmente, attraverso la pratica. L'acquisizione di tali abilità è testimoniata da una maggior accuratezza e velocità di esecuzione come risultato di ripetute esposizioni a una procedura specifica, senza che l'episodio di apprendimento o le regole che guidano il compito siano rievocate a livello

cosciente. I pazienti amnesici, infatti, sono in grado di acquisire nuove abilità: i casi riportati includono un pianista che aveva appreso nuove musiche; pazienti che migliorano in abilità percettive, come leggere parole viste specularmente (apprendimento procedurale percettivo), e in compiti cognitivi, come risolvere puzzle (apprendimento procedurale cognitivo); pazienti che imparano a eseguire un compito noto come *rotor-pursuit* (apprendimento procedurale motorio). Il *rotor-pursuit* consiste nell'inseguire con un puntatore un bersaglio in movimento su uno schermo, rimanendo il più possibile in contatto con esso. Altre prove di apprendimento procedurale motorio consistono nel disegnare guardando la propria mano riflessa in uno specchio oppure nell'apprendere sequenze visuo-motorie, come nel *Serial Reaction Time Task* (SRTT), di cui esistono diverse varianti. In sostanza si tratta di un compito di tempi di reazione di scelta, in cui i partecipanti devono rispondere il più velocemente possibile alla presentazione di uno stimolo visivo che appare in una posizione a scelta fra un certo numero di posizioni spaziali possibili (cfr. fig. 5.10). I partecipanti non sanno che la localizzazione dello stimolo segue una sequenza casuale, mentre nei blocchi intermedi, inclusi il secondo e il sesto, si ripete una sequenza fissa. In questo test hanno luogo due tipi di apprendimento, uno specifico per la sequenza fissa, cioè determinato dalla ripetizione della sequenza, l'altro non specifico, caratterizzato da un generale incremento della velocità di risposta durante la prestazione.

Infine, l'ultimo tipo di apprendimento implicito riguarda il modo in cui le persone possono imparare a svolgere compiti piuttosto complessi, al punto di dimostrare un certo grado di esperienza pur rimanendo incapaci di spiegare come fanno a essere così migliorati. Un esempio è l'apprendimento della grammatica. I bambini imparano le regole della grammatica molto prima di saper spiegare quali siano queste regole. Gli amnesici sono anche in grado di assegnare specifiche combinazioni a una fra diverse categorie, come in un compito cosiddetto di classificazioni probabilistiche. I soggetti vedono da uno a tre indizi in ciascuna singola prova e il loro compito è decidere se gli indizi prevedono sole o pioggia. Si dice loro che all'inizio dovranno andare per tentativi, ma che poi gradualmente miglioreranno nella loro capacità di decidere quali indizi indicano sole e quali invece pioggia. Gli indizi compaiono per cinque secondi e il partecipante segnala la sua scelta premendo un tasto contrassegnato da un'icona con il sole o con la pioggia, sui

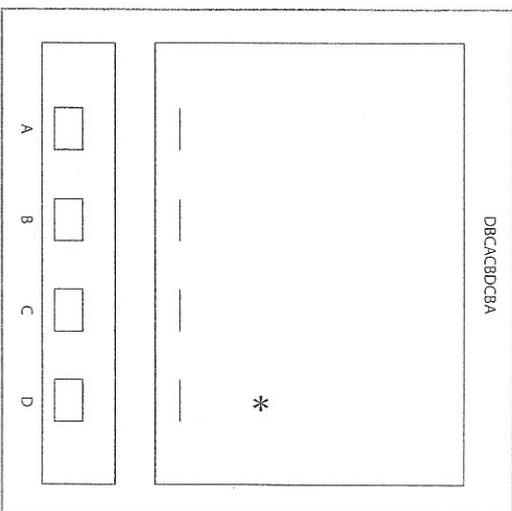


fig. 5.10. Apprendimento visuo-motorio di sequenze («Serial Reaction Time Task»).

Fonte: www.dnss.org/content/93/24/13515.figure-only.

lati opposti della tastiera. Se la risposta è corretta, si sente un suono alto e appare un volto sorridente sulla parte destra dello schermo; se invece non lo è, si sente un suono basso e compare un volto contrariato. Se il partecipante non fornisce alcuna risposta entro tre secondi, sullo schermo compare una sollecitazione e, dopo altri cinque secondi senza risposta, la prova termina, si sente il tono basso e per due secondi compare la risposta corretta sopra gli indizi. Gli amnesici eseguono bene questo compito; al contrario i pazienti con malattia di Huntington (una malattia ereditaria caratterizzata da disturbi del movimento e demenza, dovuta a degenerazione del nucleo caudato, una struttura che fa parte dello stesso circuito per il controllo del movimento) o con malattia di Parkinson (una malattia dovuta alla degenerazione della sostanza nera, che ha un ruolo nel controllo del movimento volontario) non mostrano alcun apprendimento associativo fra gli indizi e il risultato, suggerendo che il nucleo caudato e la sostanza nera sono coinvolti anche in questa forma di memoria implicita. I pazienti con morbo di Parkinson o con malattia di Huntington sono compromessi nell'apprendimento di vari compiti di memoria procedurale, anche quando la memoria dichiarativa è relativamente intatta. Nucleo caudato e (anche se non del tutto corretto) sostanza nera fanno parte dei gangli della base, un gruppo di nuclei di sostanza grigia che si trova alla base degli emisferi cerebrali, quindi a livello sottocorticale (cfr. cap. 1, par. 10.4 e fig. 1.11). Queste strutture sarebbero quindi cruciali per l'apprendimento procedurale. Oltre alla presenza di pazienti con lesioni nelle sedi descritte e deficit di memoria procedurale, esistono studi (fMRI) che indicano un attivazione delle stesse strutture in compiti di apprendimento procedurale. L'effetto «priming» consiste nel fatto che un'esposizione a uno stimolo facilita la sua tendenza a essere percepito o elaborato più rapidamente la volta successiva. Il *priming* percettivo è quel fenomeno per cui se si presenta una parola scritta oppure un'immagine (per esempio un'auto), la sua identificazione successiva avverrà molto più rapidamente, anche quando si presenta solo una parte della parola o dell'immagine o una sua forma degradata, frammentata (cfr. fig. 5.11). Le regioni della corteccia cerebrale (la parte grigia esterna degli emisferi cerebrali) che circondano le aree sensoriali primarie (ad esempio aree occipitali, la parte più posteriore degli emisferi cerebrali; cfr. cap. 1, par. 10.2 e fig. 1.8), che ricevono gli stimoli visivi, controllano il *priming* per materiale visivo. Il *priming* può manifestare i suoi effetti anche in un compito di decisione lessicale (decidere se una parola esiste o no) o di decisione su una figura: la decisione è più rapida per gli stimoli che erano già stati presentati, rispetto a quelli nuovi. Oltre al *priming* percettivo, esiste un *priming* semantico o concettuale: un soggetto tende a produrre gli esemplari di una categoria semantica cui è già stato esposto, anche se non si tratta dei più tipici (per esempio «ornitorinco», «cercoptecco», se queste parole erano state presentate in precedenza). Anche il *priming* è preservato nei pazienti amnesici. Se si presenta una lista di parole e se ne chiede poi il riconoscimento, la prestazione degli amnesici è molto scarsa. Se si restano le parole presentandole frammentate e chiedendo di individuarle, la prestazione è quasi analoga a quella dei controlli. Ciò dimostra che un apprendimento implicito ha avuto effettivamente luogo. Un'altra peculiarità che

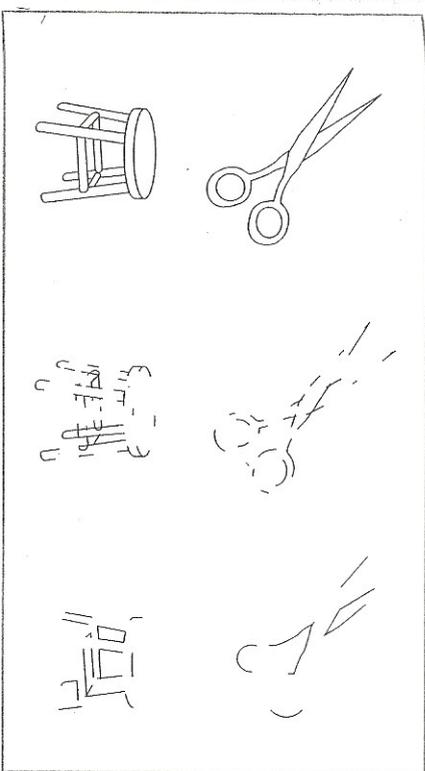


Fig. 5.11. Esempio di «priming» percettivo.
Fonte: Humphreys e Bruce (1989).

differenzia l'apprendimento implicito da quello esplicito è che nel primo non è presente l'effetto del livello di elaborazione: un'elaborazione profonda non migliora la memoria non dichiarativa.

A livello operativo, le principali differenze fra apprendimento procedurale e *priming* consistono nel fatto che mentre il primo è osservato dopo numerose prove e non riguarda l'apprendimento di item specifici, il *priming* si osserva dopo una singola sessione o comunque di un numero limitato di prove e riguarda item specifici, cioè quelli appena presentati.

Un'altra forma, forse la più nota, di apprendimento implicito è il condizionamento. Esistono diverse forme di condizionamento e, per questo, esso è trattato qui di seguito separatamente.

8.1. Condizionamento classico

Ivan Pavlov, un grande psicologo russo della seconda metà del Diciannovesimo secolo, fu lo scienziato premio Nobel, che identificò il fenomeno del *condizionamento classico*. Pavlov, in realtà, si occupava di aspetti della digestione ed esaminava la salivazione dei cani in risposta al cibo. I suoi studi si complicarono quando i cani cominciarono a produrre saliva prima che il cibo fosse presentato: la risposta di salivazione compariva quando un ricercatore apriva la porta del recinto dei cani, cioè i cani presentavano salivazione quando accadeva un evento che era associato alla distribuzione del cibo. Pavlov capì così che riflessi come quello di salivazione sono eventi associati agli stimoli che provocano le risposte riflesse. L'esperienza più nota da lui condotta fu quella in cui un cane udiva il suono di un campanello (*stimolo condizionato*) immediatamente seguito dalla presen-

razione del cibo (*stimolo incondizionato*). La presentazione del cibo provocava la salivazione (*risposta incondizionata*). Dopo un certo periodo in cui il suono del campanello era associato alla presentazione del cibo, il suono da solo determinava la salivazione, cioè una *risposta condizionata* identica a quella incondizionata prodotta dalla presentazione del cibo. Questo fenomeno, il cosiddetto condizionamento classico, comporta l'associazione ripetuta fra uno stimolo condizionato e uno incondizionato. Le due condizioni principali per creare l'associazione fra stimolo e risposta sono la contiguità temporale tra i due stimoli (incondizionato e condizionato), cioè che siano presentati ravvicinati (la distanza temporale ideale sarebbe di mezzo secondo), e il fatto che la connessione fra i due stimoli sia ripetuta un numero sufficiente di volte. Inoltre la frequenza di accoppiamento fra stimolo condizionato, incondizionato e risposta determina l'intensità e la regolarità di comparsa della risposta condizionata: maggiore è la frequenza, maggiore sarà l'intensità della risposta condizionata; si ha cioè un rafforzamento. Al contrario, se si omette di presentare lo stimolo incondizionato, la risposta condizionata perde intensità e scompare: si ha cioè *estinzione*. La risposta condizionata, tuttavia, può essere recuperata spontaneamente: infatti tende a riapparire anche senza presentazione di uno stimolo incondizionato. Infine, la risposta condizionata può essere generalizzata, perché può comparire anche per un suono diverso da quello che ha determinato il condizionamento; ovviamente quanto più i suoni saranno simili, tanto maggiore sarà la risposta condizionata. Allo stesso modo, si può evitare la generalizzazione, presentando la carne solo quando il suono del campanello è di un certo tipo, mentre quando il suono è diverso il cane non riceve carne. In quel caso, l'animale impara a discriminare fra suoni diversi.

Un'altra caratteristica dei riflessi condizionati è il cosiddetto *effetto Garcia*, cioè il processo attraverso cui un individuo acquisisce l'avversione per un dato sapore: se un animale ingerisce un cibo che gli provoca malessere non lo assaggerà più. L'associazione rimane per lungo tempo e indica una selettività dell'associazione. Mackintosh [1994] ha condotto un esperimento che dimostra chiaramente la selettività dell'apprendimento associativo. In una prima fase si somministrava a un ratto del caffè e dopo un'ora gli si procurava malessere. Il giorno seguente il ratto rifiutava il caffè, poiché questa era l'ultima sostanza assunta. In un altro caso si somministrava caffè e successivamente saccharoso e poi si induceva malessere. Il ratto rifiutava il saccharoso, ma non il caffè. In un terzo caso si somministrava caffè e si induceva malessere; ma se il giorno dopo si somministrava caffè senza indurre malessere, il ratto rifiutava comunque il caffè perché una volta gli aveva procurato malessere. Se invece si somministrava saccharoso e poi caffè e si induceva malessere, mentre in una seconda occasione gli si somministrava solo caffè senza indurre malessere, il rifiuto era nei confronti del saccharoso e non del caffè perché il malessere si era verificato solo quando il ratto aveva assunto anche saccharoso.

Il condizionamento classico permette di comprendere certi comportamenti emozionali. Per esempio se si è stati vittima di un incidente automobilistico è facile sentirsi a disagio quando ci si trova nel punto in cui ha avuto luogo l'incidente. L'associazione fra il luogo prima neutrale e l'evento negativo provoca una

risposta di attivazione e una sensazione di nervosismo legata al luogo. È frequente essere ansiosi quando ci sono persone o cose che sono associate a un'esperienza negativa. Il condizionamento classico emozionale può manifestarsi come condizionamento autonomo ed esprimersi con risposte corporee (cfr. cap. 4, par. 1). Alternativamente si può avere un condizionamento valutativo che si esprime attraverso una preferenza o un'attitudine. Il condizionamento valutativo è una forma di condizionamento pavloviano. Si tratta di una modificazione nella valenza di uno stimolo (l'effetto), dovuta all'aver associato quello stimolo (lo stimolo condizionato) con un altro positivo o negativo (la procedura, cioè lo stimolo incondizionato). Generalmente uno stimolo condizionato diventa più positivo se è associato a uno stimolo incondizionato positivo e più negativo se avviene il contrario. Mentre il condizionamento pavloviano fa riferimento a un cambiamento in qualsiasi tipo di risposta, il condizionamento valutativo riguarda solo una modificazione nella valutazione dello stimolo condizionato. Secondo la teoria comportamentista, molte paure irrazionali, le fobie, sono apprese attraverso questo meccanismo relativamente automatico. Vi sono forme di terapia (terapia comportamentale) che si basano sul principio del condizionamento classico per trattare le fobie.

8.2. Condizionamento operante o strumentale

A differenza del precedente tipo di condizionamento, in cui i legami associativi fra stimolo e risposta dipendono solo dalla contiguità temporale e dalla ripetizione, nel condizionamento operante i legami dipendono anche dagli effetti conseguenti alla risposta (*legge dell'effetto*). Il precursore dello studio di questo tipo di condizionamento fu Edward L. Thorndike, il cui esperimento consisteva nel chiudere un gatto in una gabbia da cui l'animale cercava di uscire procedendo per tentativi ed errori; il metodo efficace per uscire dalla gabbia era premere una leva. Il gatto, con il trascorrere del tempo, ripeteva le risposte corrette e via via abbandonava quelle sbagliate e, dopo la prima volta, apriva la gabbia con sempre maggiore rapidità. Burrhus F. Skinner riprese le ricerche di Thorndike, sviluppandole ulteriormente: se si chiude un animale in una gabbia in cui è presente una leva e il premere la leva ha un effetto positivo (per esempio l'animale riceve del cibo) nel giro di una decina di minuti l'azione diventerà sempre più frequente. Alternativamente premere la leva può anche interrompere una situazione sgradevole, come la somministrazione di una scossa elettrica. In entrambi i casi premere la leva ha prodotto un rinforzo, positivo nel caso in cui l'animale riceva del cibo (cioè ottenga qualcosa), negativo nel caso in cui cessi la scossa (cioè si elimini uno stimolo spiacevole). In entrambi i casi quel particolare tipo di comportamento dell'animale aumenta. Al contrario, se premere una leva ha una conseguenza negativa (per esempio l'animale riceve la scossa elettrica), il comportamento diventerà sempre meno frequente e del tutto casuale, cioè della stessa frequenza di altri comportamenti dell'animale. In questo caso la conseguenza ha agito da punizione. La conseguenza agisce da rinforzo, aumentando la frequenza

del comportamento se è positiva. Il rinforzo va distinto dalla punizione: infatti, il rinforzo negativo, come quello positivo, ha lo scopo di aumentare la frequenza di un comportamento. Al contrario la punizione consiste nel provocare una situazione spiacevole con lo scopo di diminuire un comportamento.

I rinforzi possono essere di due tipi: *primari* e *secondari*. I rinforzi primari soddisfano i bisogni primari di un soggetto, come la fame, la sete, il sonno, e così via. I rinforzi secondari, invece, sono degli intermediari fra il comportamento e il rinforzo primario. Per esempio il denaro serve a procurarsi cibo e quindi è un rinforzo secondario (cfr. oltre). I rinforzi possono essere forniti a ogni prestazione o solo a determinati intervalli temporali. Nel primo caso può instaurarsi un'abituazione, quando cioè si ha sempre il rinforzo, l'apprendimento è rapido ma si estingue anche rapidamente. Il rinforzo può avvenire invece in modo parziale, cioè non seguire tutti i comportamenti ed essere fornito a intervallo fisso o variabile. Ma anziché l'aspetto temporale, può variare il rapporto fra numero di risposte e rinforzo, nel senso che quest'ultimo può essere fisso, cioè erogato ogni volta che il comportamento si è ripetuto un numero preciso di volte (per esempio quando l'animale ha premuto la leva tre volte), oppure il rapporto può essere variabile (per esempio il rinforzo è somministrato dopo tre comportamenti, un'altra volta dopo cinque comportamenti e così via). Queste possibilità relative alla somministrazione del rinforzo, cioè rinforzo a intervallo fisso o variabile oppure a rapporto fisso o variabile, sono chiamate *piani di rinforzo*. Il più efficace è il rinforzo a rapporto variabile.

I principi del condizionamento operante sono alla base di molti comportamenti umani. Per esempio alcuni comportamenti a contenuto emozionale sono appresi attraverso questo meccanismo. Il gioco d'azzardo, tra gli altri, dipende da un'associazione fra stimolo e ricompensa. Per uno scommettitore, l'atto di andare alle corse dei cavalli e piazzare la scommessa è lo stimolo rappresentato dallo sfogliare le pagine del giornale si associano a ricompensa in caso di vittoria. L'emozione e il brivido di una vincita sono spesso molto più potenti della punizione costituita da una perdita. In questo caso il rinforzo avviene secondo un rapporto variabile, che come appena indicato, è anche il piano di rinforzo più efficace.

Il condizionamento operante è utilizzato inoltre in molti trattamenti neuropsicologici, come nei disturbi del comportamento dovuti a lesione del sistema nervoso, in particolare della regione prefrontale (la parte anteriore del lobo frontale), osservati in seguito a trauma cranico, a danno vascolare o a tumore. Il comportamento è modificato tramite l'utilizzo di rinforzi che favoriscono il comportamento adeguato o punizioni che riducono quello patologico. Per esempio, in caso di comportamento appropriato, il paziente ottiene dei gettoni con i quali acquistarsi del cibo o una bevanda. Le tecniche di riabilitazione neuropsicologica sfruttano anche un altro aspetto del condizionamento operante studiato da Skinner, la tecnica del *modellamento (shaping)*. L'esperimento di Skinner consiste nel dare del cibo all'animale ogni volta che si avvicina alla parte della gabbia dove si trova la leva, rinforzando così il processo di avvicinamento. In tal modo l'apprendimento della risposta corretta (premere la leva per aprire la gabbia) avviene più rapidamente per successive approssimazioni.

Skinner addirittura considerò anche il linguaggio come determinato dal condizionamento operante, costituito cioè da una serie di risposte operate create nel bambino da genitori, insegnanti e adulti più in generale. Un bambino, infatti, imparerrebbe il significato di una parola, ad esempio *mela*, discriminando la risposta corretta fra altri oggetti e associandola a uno in particolare. Tale apprendimento avverrebbe attraverso il rinforzo che gli adulti applicano alle risposte corrette. Questa interpretazione piuttosto semplicistica dell'apprendimento del linguaggio non è ovviamente più sostenuta, dopo essere stata ampiamente criticata da Noam Chomsky. Basta solo pensare al numero infinito di frasi nuove che un individuo può creare, per rendersi conto di come questa ipotesi di un condizionamento operante per l'apprendimento del linguaggio sia priva di fondamento, poiché un modello associazionista permette solo un certo numero e tipo di frasi (cfr. cap. 9, par. 3). Inoltre, anche osservando l'apprendimento del linguaggio nei bambini, ci si accorge delle loro «iperregolarizzazioni» di verbi (*dicete*) e plurali (*uovi*): ciò significa che essi stanno seguendo una regola di base non arbitraria.

8.3. Basi neurali

Le basi neurali della ricompensa, cioè del rinforzo, e in certa misura anche della punizione, sono rappresentate da un sistema di neuroni che utilizza, per comunicare, una sostanza (neurotrasmettitore) che si chiama dopamina. I neuroni cosiddetti dopaminergici, che cioè producono la dopamina, sono localizzati a livello della sostanza nera che si trova nel mesencefalo (cfr. fig. 1.6) e rilasciano la dopamina a livello dello striato. Nel condizionamento strumentale, la motivazione gioca un ruolo importante, in quanto solo un ratto affamato è motivato a premere una leva per ottenere del cibo. Si suppone quindi che i circuiti neurali sottostanti siano molto più complessi di quelli che stanno alla base del condizionamento classico. Per esempio in uno studio recente [Delgado, Jou e Phelps 2011] sull'uomo si è trovato che l'amigdala è coinvolta nel condizionamento alla paura con un rinforzo primario (shock elettrico) più che con un rinforzo secondario (perdita di denaro).

8.4. Dal comportamentismo al cognitivismo

L'analisi del condizionamento si è limitata a studiare la relazione fra stimolo e risposta, basata sul principio associazionista: l'apprendimento si realizza quando compare un certo comportamento in risposta a un determinato stimolo. Tutto ciò però non spiega quali processi siano alla base dell'apprendimento, cioè cosa intervenga fra la presentazione dello stimolo e la risposta. Le teorie espone finora, cosiddette meccanicistiche, considerano l'apprendimento per condizionamento come dovuto a un legame diretto fra stimolo e risposta, che sarebbe quindi di tipo automatico. Invece bisogna anche tenere conto di due aspetti: il primo è rappresentato dalle pulsioni del soggetto che sarebbero in grado di modificare il

comportamento, come già accennato. Il secondo aspetto riguarda la possibilità che l'animale/individuo si formi una rappresentazione mentale delle aspettative, cioè di quello che si attende come conseguenza di quel particolare stimolo. In particolare, Tolman [1932] mise a punto il seguente esperimento: un gruppo di ratti in un labirinto a croce doveva imparare la mappa per raggiungere del cibo. Il ratto doveva partire da un'estremità del percorso ed era libero di muoversi in tutte le direzioni. In una prima fase riceveva il cibo nelle altre tre estremità della croce, ma a un certo punto cominciava a riceverlo per un certo numero di volte solo nell'estremità a destra del punto di partenza. Il ratto quindi imparava quel percorso specifico che dalla partenza lo portava in basso a destra. Per stabilire se l'apprendimento fosse puramente motorio (cioè girare a destra) in risposta allo stimolo, oppure riguardasse l'apprendimento della posizione del cibo in relazione all'intero percorso, il ratto venne messo in una nuova posizione di partenza, rispetto alla quale il punto in cui si trovava il cibo era a sinistra. Di conseguenza, se quanto appreso era un comportamento motorio (girare a destra), il ratto avrebbe fallito nella ricerca del cibo. Si scoprì invece che il ratto girava a sinistra, dimostrando che si era creato una mappa mentale delle relazioni spaziali del percorso. Tale apprendimento è definito *apprendimento per segnali* e si basa sull'aspettativa dell'animale di trovare il cibo in quella posizione anziché in un'altra. Edward Tolman ha studiato anche un altro tipo di apprendimento, il cosiddetto *apprendimento latente*: si tratta di un apprendimento senza rinforzo. Questo tipo di apprendimento è stato dimostrato in un esperimento in cui un gruppo di ratti imparava a percorrere un labirinto senza ottenere nessuna ricompensa per un certo numero di giorni. Quando poi riceveva del cibo, il gruppo di ratti raggiungeva la meta addirittura più rapidamente dei ratti che avevano ricevuto il rinforzo a ogni prestazione, a dimostrazione del fatto che si era costruito una mappa cognitiva del labirinto. Pertanto si era stabilita una conoscenza o competenza (l'aver appreso la mappa del labirinto) e, alla prima occasione, i ratti avevano messo in pratica la conoscenza dimostrando l'avvenuto apprendimento attraverso la prestazione.

Questo risultato indica quindi che l'apprendimento è un processo attivo di tipo cognitivo. L'approccio meccanicistico è stato messo in discussione anche dagli studi di uno psicologo americano, Rick Rescorla, il quale ha dimostrato che l'individuo deve acquisire informazioni per stabilire un legame fra lo stimolo incondizionato e quello condizionato. In un esperimento condotto da Rescorla e Wagner [1972] alcuni cani ricevevano per 20 volte una scossa elettrica preceduta da un suono: essa provocava una risposta di paura allo stimolo neutro (il suono). Invece un altro gruppo di cani riceveva la scossa per 40 volte ma solo la metà di queste era preceduta dal suono. In questo secondo caso non avveniva il condizionamento, perché evidentemente il suono non rappresentava un buon indice predittivo. L'esperimento dimostra, in contrasto con l'interpretazione associazionistica, che non sono importanti il numero assoluto di volte in cui stimolo incondizionato e condizionato compaiono insieme e la contiguità temporale; quello che importa è la forza del legame fra i due stimoli e quindi l'aspettativa mentale che si crea l'animale/individuo. Altri esperimenti hanno dimostrato

che se si presentano insieme due stimoli neutri per un certo numero di volte e poi uno dei due stimoli è utilizzato in un paradigma di condizionamento, anche l'altro stimolo neutro è in grado di produrre la risposta, a dimostrazione che gli animali si sono creati una rappresentazione mentale dei due stimoli neutri e della loro relazione.

Da questi esperimenti emerge l'importanza dei fattori cognitivi nell'apprendimento. La mente, quindi, non è una scatola nera all'interno della quale non è possibile indagare, ma l'apprendimento avviene attraverso rappresentazioni mentali.

Il condizionamento è un altro tipo di memoria implicita preservato nei pazienti amnesici. Il neuropsichiatra svizzero Édouard Claparède ha descritto un esperimento curioso condotto all'inizio del 1900. Una mattina, mentre faceva il giro dei malati in reparto, nascose uno spillo nella mano mentre stringeva la mano di una paziente. Il giorno successivo la paziente rifiutò di stringergli la mano, benché non avesse alcun ricordo dell'episodio precedente. Il condizionamento classico è stato dimostrato anche in un celebre esperimento di Weiskrantz e Warrington [1979] in cui un soffio d'aria sugli occhi seguiva uno stimolo sonoro, provocando l'ammiccamento. Pazienti gravemente amnesici ammiccavano udendo il suono, anche quando il soffio d'aria era stato rimosso, pur non avendo alcun ricordo dell'episodio. Il condizionamento valutativo, cui si è accennato in precedenza, è un altro tipo di memoria implicita che viene preservato nell'amnesia. Per esempio, in tutti noi, come negli amnesici, c'è una certa tendenza a preferire qualcosa di familiare rispetto a ciò che è insolito. Se un ascoltatore sente una musica di una cultura non familiare, per esempio coreana, dapprima la giudicherà sgradevole, ma ascoltandola più volte il giudizio migliorerà. Presentando poi melodie già sentite e melodie nuove, sia gli amnesici sia i controlli preferiranno le prime, anche se gli amnesici non ricorderanno di averle già ascoltate.