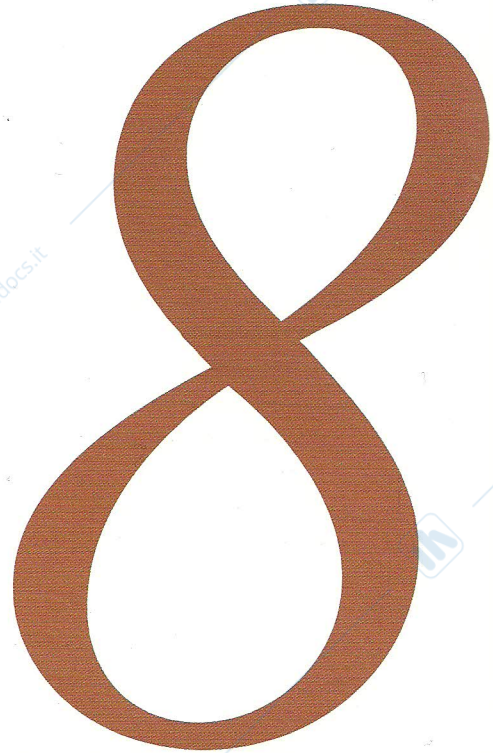


La conoscenza della struttura e delle funzioni del cervello si è ampliata notevolmente nel corso degli ultimi decenni, grazie anche al progresso tecnologico dei metodi di ricerca. Uno dei maggiori neurofisiologi di tutti i tempi, Charles S. Sherrington, paragonò il cervello a un «telaiò incantato», uno strumento formato da miliardi di elementi, i neuroni, capace di tessere all'infinito infinite tessiture. Per la psicologia, quelle tessiture sono come composizioni di un mosaico, uniche e irripetibili, legate a un momento della storia e della cultura della specie umana e alla personalità e creatività di singoli individui.

Cielo stellato, particolare (V sec. d.C.) (Mausoleo di Galla Placidia, Ravenna).



# Le neuroscienze

*«La vita intera, dai protisti fino agli animali superiori compreso l'uomo, consiste in una lunga serie di reazioni che ristabiliscono necessariamente un equilibrio sempre più complicato fra organismo e ambiente esterno. Verrà un giorno, forse ancora lontano, in cui l'analisi matematica, valendosi dei dati forniti dalle scienze naturali, congloberà tutti questi equilibri in grandiose formule di equazioni, ritrovandosi se stessa e le ragioni della sua stessa esistenza».*

Ivan P. Pavlov, *Le scienze naturali e il cervello* (1909)

## X ■ 8.1. NEUROSCIENZE E PSICOLOGIA

Il termine neuroscienze fu coniato alla fine degli anni '60 da un gruppo di ricercatori nordamericani che, studiando il sistema nervoso da vari punti di vista (chimico, anatomico, fisiologico, farmacologico, ecc.), ritennero di dover interagire in modo più sistematico per progredire unitariamente nella conoscenza di questa complessa struttura degli organismi animali. Sia che le ricerche fossero condotte su un singolo neurone o su sistemi nervosi semplici, come quello dell'*Aplysia*, la lumaca di mare, composto da circa diecimila neuroni, o che fossero condotte sul cervello umano, in cui l'architettura cerebrale si fonda sull'interazione di circa dieci miliardi di neuroni, l'aspirazione del neuroscienziato è stata sempre, implicitamente o esplicitamente, quella di scoprire quali fossero i processi neuronali sui cui si fondano il comportamento e la mente. La psicologia, da parte sua, ha sostenuto che il livello di analisi dei fenomeni comportamentali e mentali va distinto

dal livello dei fenomeni neuronali, analogamente a come vengono distinti i fenomeni della fisica da quelli della chimica e questi dai fenomeni della biologia, sebbene vi siano aree di ricerca in cui le discipline si intersecano. La separazione tra neuroscienze e scienze psicologiche può essere tratteggiata con un'altra analogia che due eminenti psicologi, pur di provenienza culturale e impostazione filosofica diversa, condividevano. Carl G. Jung e A. R. Lurija sostennero che il rapporto tra scienze del cervello e scienze della mente è analogo a quello tra ingegneria e architettura. Come gli ingegneri studiano le leggi di costruzione affinché un edificio, ad esempio una chiesa, non crolli, così i neuroscienziati studiano le leggi di interconnessione e comunicazione tra neuroni. Gli architetti, sulla base delle medesime leggi ingegneristiche, costruiscono non genericamente una chiesa, ma ora *la* cattedrale di Colonia, ora *la* chiesa di S. Basilio a Mosca. Gli psicologi studiano, quindi, come, a parità di leggi neuronali, la mente sia capace di genera-

re prodotti diversi: nel corso dell'ontogenesi individuale; tra individuo e individuo; tra individui di una stessa cultura, ma vissuti in epoche differenti; tra individui di culture diverse, ma viventi nella stessa epoca. Nonostante che, nelle grandi teorie psicologiche del primo Novecento, questa divisione tra la psicologia e le neuroscienze fosse stata ben delineata, persiste tuttora la tendenza a ridurre la prima alle seconde. Il fatto che la mente non esisterebbe senza il cervello, nel senso che nessun edificio esisterebbe senza mattoni, calce o cemento, non significa che le neuroscienze possano fare a meno della psicologia, né che ritengano sia uno strumento solo transitorio in attesa di una spiegazione completa dei processi mentali in termini neuronali. Sarebbe come dire che l'ingegneria potrà un giorno fare a meno dell'architettura per costruire nuovi edifici. Si può anche ipotizzare che un giorno le neuroscienze assorbiranno la psicologia e l'ingegneria assorbirà l'architettura, ma questa idea ha delle implicazioni ideologiche più forti, che vanno al di là di un'analisi intrinseca della ricerca scientifica. Su quest'ultimo aspetto si ritornerà nel Capitolo IX.

## X ■ 8.2. TEORIE DELLE FUNZIONI CEREBRALI

Le uniche teorie che si sono proposte come spiegazioni complete ed esaustive dei processi psichici, facendo riferimento diretto al funzionamento del cervello, sono state la riflessologia di Bechterev e la teoria dell'attività nervosa superiore di Pavlov. Per questo motivo sono state considerate assieme alle altre grandi teorie del primo Novecento, illustrate nel Capitolo VI. La scuola riflessologica e la scuola pavloviana ritengono, infatti, che qualsiasi fenomeno psichico, individuale e sociale, normale e patologico, potesse essere spiegato mediante meccanismi fisiologici. Sebbene Pavlov, a differenza di Bechterev, ritenesse che una spiegazione in termini fisiologici del comportamento non potesse essere fondata su principi validi per il funzionamen-

to di singoli neuroni, ma occorresse introdurre principi funzionali di ordine molare (su questo punto Pavlov si esprime chiaramente nelle *Lezioni sull'attività degli emisferi cerebrali* del 1926; cfr. § 6.3), resta caratteristica fondamentale della scuola pavloviana la sua pretesa di costituirsi a teoria fisiologica, per così dire, totalizzante. Come si è visto, questa posizione, condivisa dalle autorità politiche e statali dell'Unione Sovietica, ebbe conseguenze negative sullo sviluppo di altre correnti psicologiche in quel Paese. Le teorie trattate in questo capitolo non hanno manifestato la stessa ambizione di "fagocitare" la psicologia. Infatti, queste teorie si sono occupate, per usare l'analogia illustrata prima, più del versante ingegneristico che di quello architettonico delle funzioni cerebrali. Anzi, in alcuni casi si è assistito, nelle teorie di uno stesso neuroscienziato, a un significativo dualismo: da una parte, un'impostazione molecolare nello studio del sistema nervoso; dall'altra, una complementare concezione spiritualistica dei processi psichici, ritenuti insondabili nella loro dimensione più tipicamente umana.

A fini espositivi, le varie teorie delle funzioni cerebrali nel primo Novecento possono essere divise in tre grandi correnti. La prima prosegue nella tradizione frenologica, che individua vaste aree cerebrali alla base delle varie funzioni psichiche. È una concezione rigidamente localizzazionistica delle funzioni cerebrali/psichiche: ciascuna area cerebrale ha una determinata funzione e solo quella. La seconda è quella generalmente detta olistica (globalistica): le funzioni psichiche sono fondate sull'attività integrata di più aree cerebrali, ciascuna delle quali assolve, comunque, a funzioni elementari specifiche. La terza corrente ha una storia più recente, perché ha origine dopo la scoperta del neurone alla fine dell'Ottocento. L'idea di base è che le funzioni psichiche siano fondate sulla connessione di neuroni specializzati, e in alcuni casi si è fatto corrispondere una determinata funzione psichica persino a un solo tipo di neuroni. In breve, la prima corrente, *localizzazionistica*, concepisce il funziona-

mento del cervello come una struttura che lavora per macroaree, a blocchi; la seconda, *olistica*, combina l'idea di aree specializzate per funzioni elementari con quella dell'integrazione fra più aree nel caso di funzioni superiori; la terza, *neuroassoziazionistica*, concepisce il cervello come una rete intricata di singole unità neuronali altamente specializzate.

Le prime due correnti, localizzazionistica e olistica, sono state sviluppate essenzialmente negli studi sugli effetti di lesioni circoscritte delle strutture cerebrali. Le lesioni possono essere procurate in laboratorio su animali (e, meno frequentemente, in genere per fini terapeutici, su pazienti umani), oppure, nel caso di soggetti umani, prodotte da malattie, incidenti, ferite di guerra.

Il localizzazionismo rigido fu sostenuto da vari ricercatori che in genere si occupavano della struttura cellulare della corteccia (citoarchitettura). Si riteneva che le varie aree, distinte in base al tipo di neuroni, fossero responsabili funzionalmente di funzioni psichiche complesse. Ad esempio, nel libro *Gehirmpathologie* [Patologia cerebrale] (1934), dello psichiatra tedesco Karl Kleist (1879-1960), venivano distinte aree con le più svariate funzioni, da quelle relativamente semplici, come il riconoscimento di suoni, a quelle ben più complesse, come l'"ego personale e sociale", una funzione che ricorda - almeno terminologicamente - i Sé descritti da William James o George H. Mead. Oppure si può ricordare l'attività dell'Istituto del cervello di Mosca, fondato nel 1928, e la cui direzione fu affidata al tedesco Oskar Vogt (cfr. § 4.3). In questo Istituto furono raccolti, dopo la morte, i cervelli dei maggiori protagonisti della cultura, politica e scienza sovietica, da Lenin agli scrittori Majakovskij e Gorkij, da scienziati come il fisico Sacharov agli stessi studiosi del cervello, come Bechterev e Pavlov. Fu la maggiore consacrazione istituzionale della concezione più riduttiva del rapporto tra struttura macroscopica del cervello e livelli eccellenti di prestazione di soggetti umani (Bentivoglio, 1998; Spivak, 2001). Que-

ste ricerche sul cervello di personalità geniali furono condotte anche fuori dalla Russia (si ricordino, ad esempio, le ricorrenti notizie sulla particolare struttura del cervello di Einstein, sezionato e studiato dopo la morte), con risultati suggestivi (Majakovskij avrebbe avuto cellule di maggiori dimensioni rispetto alla norma nelle aree corticali proprie del linguaggio; Einstein in quelle visuo-spaziali), ma metodologicamente controversi.

Le ricerche più originali sugli effetti di lesioni cerebrali procurate su animali furono condotte dal neuropsichiatra italiano Leonardo Bianchi e dallo psicologo statunitense Karl S. Lashley. La loro impostazione teorica è propria della corrente denominata olistica. Nel libro *La meccanica del cervello e la funzione dei lobi frontali* (1920), Bianchi riassunse i risultati delle sue ricerche condotte sul comportamento di mammiferi dopo l'ablazione di aree corticali circoscritte e analizzò criticamente la letteratura scientifica sulle basi cerebrali dei processi psichici. Concluse che non vi era nessuna evidenza che le funzioni psichiche superiori (come il pensiero e la volontà) fossero localizzate in aree corticali circoscritte, ma che esse dipendevano dall'integrazione globale di sotto-funzioni elementari. Inoltre, Bianchi sottolineò per primo l'importanza dei lobi frontali come struttura dedicata alla pianificazione e al controllo del comportamento e dell'attività mentale più fine:

□ La vita di relazione interumana, la tendenza alla reciproca intesa delle anime, le grandi costruzioni intellettive, la norma logica del pensiero e della condotta a base di attenzione, di evocazione, di selezione, di fantasia, di coordinazione, vale a dire, la valorizzazione dei meravigliosi prodotti ottenuti dal lavoro della natura e delle sue forze sul cervello sensoriale, pare evidente siano dipendenti dai lobi frontali, i quali tutti quei prodotti evocano ed utilizzano nelle grandi sintesi, mentre ne moderano le singole intrinseche attività impulsive e riflesse. Con ciò l'uomo da un canto procede alla percezione della natura e delle infinite voci dell'ambiente sociale, dall'altro si

**FIGURA 8.1**

Leonardo Bianchi (1848-1927), professore di psichiatria e neuropatologia all'Università di Napoli, fu anche deputato, senatore, ministro della Pubblica Istruzione (in tale veste autorizzò nel 1905 l'istituzione delle prime tre cattedre universitarie di psicologia in Italia) (si ringrazia il prof. Leonardo Bianchi per averci procurato questa fotografia dell'illustre suo nonno).

solleva alle più complesse sintesi intellettive e ad una crescente operosità inventiva rivolta a superare le difficoltà, e a rendere più gioiosa e più sincera la vita, nello stesso tempo che diventa più idoneo ad adattarsi all'ambiente, contemperando gl'istinti individuali con quelli sociali (Bianchi, 1920, pp. 409-410). □

Per Bianchi la coscienza era una funzione che coincideva con lo sviluppo dei lobi frontali lungo la scala filogenetica, configurandosi come una dimensione nella quale l'individuale e il sociale si combinano nel controllo del comporta-

mento. Questo ruolo dei lobi frontali e la loro relazione con la coscienza fu ripreso da Lurija nella sua teoria, con un esplicito riconoscimento dell'opera di Bianchi.

Altra grande personalità della ricerca sulle basi cerebrali del comportamento, condotta principalmente con la tecnica delle ablazioni corticali, fu Karl S. Lashley (1890-1958). Di formazione biologica e zoologica, Lashley lavorò con John B. Watson alla Johns Hopkins University di Baltimora tra il 1914 e il 1917, mentre, contemporaneamente, condusse esperimenti con il neurologo Shepherd I. Franz (1874-1933) al Saint Elizabeth Hospital di Washington. Lashley insegnò in varie università statunitensi, tra cui la University of Chicago (dal 1929) e la Harvard University (dal 1935). Nel 1942 prese la direzione degli Yerkes Laboratories of Primate Biology, a Orange Park in Florida. Con lui studiarono alcuni dei maggiori psicologi e neuroscienziati statunitensi, tra cui Donald O. Hebb, Karl Pribram e Roger W. Sperry. La collaborazione con Franz fu importante sia dal punto di vista metodologico che teorico. Franz aveva condotto una serie di esperimenti per studiare l'effetto di lesioni più o meno ristrette sul comportamento e aveva anche confrontato i risultati di queste indagini di laboratorio con quelli relativi al comportamento di pazienti cerebrolesi. Inoltre Franz, pur riconoscendo la possibilità di localizzare funzioni sensoriali e motorie elementari, aveva respinto l'idea di un localizzazionismo rigido per le funzioni psichiche superiori (questa posizione, formulata nell'importante articolo *New Phrenology* del 1912 nella rivista *Science*, fu ripresa in articoli successivi pubblicati sulla *Psychological Review* tra il 1921 e il 1923). Assieme a Franz, Lashley studiò la relazione tra l'estensione delle regioni cerebrali lesionate e l'apprendimento del labirinto nel ratto albino. Risultò che questo comportamento "intelligente", come lo definiva Lashley, cioè imparare a percorrere un labirinto per arrivare alla meta, non dipendeva direttamente dal funzionamento di un'area (per cui se essa veniva lesionata, si

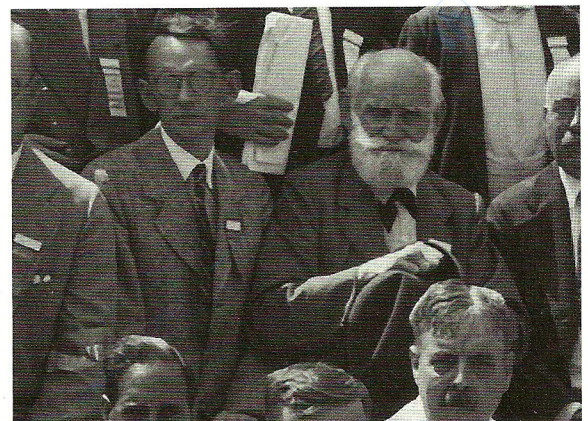
perdeva anche il relativo comportamento), ma dal funzionamento integrato di più regioni corticali. Nel 1929, nel libro *Brain mechanisms and intelligence: A quantitative study of injuries to the brain*, Lashley espose in modo sistematico le sue ricerche e presentò alcuni principi fondamentali sulla relazione tra cervello e comportamento: a) principio dell'azione di massa: le regioni corticali concorrono insieme, in massa, alla produzione di un dato comportamento; maggiore è l'estensione della lesione, più grave è l'effetto sul comportamento; non vi sono quindi regioni corticali specifiche per i vari comportamenti o processi mentali; b) principio dell'equipotenzialità: le regioni corticali coinvolte sono parimenti importanti per un comportamento; tutte sono necessarie nella stessa misura; c) principio del funzionamento vicariante: in caso di lesione di alcune specifiche regioni corticali, le altre regioni rimaste integre suppliscono per garantire che siano svolte le stesse attività comportamentali. La posizione di Lashley fu criticata da vari ricercatori statunitensi, tra cui lo psicologo Walter S. Hunter (cap. § 6.5) e il fisiologo Charles J. Herrick (1869-1960). Hunter, riferendosi nel suo libro *Brains of rats and men* (1926) ai primi lavori di Franz e Lashley, fece notare che l'apprendimento di un labirinto richiedeva l'attività integrata di varie aree corticali (sensoriali, motorie e cognitive) ed era quindi evidente che quanto maggiore fosse il numero di regioni lesionate, tanto maggiore era il danno comportamentale. Tuttavia, ciò non significava che non esistessero aree corticali in cui fossero localizzate funzioni specifiche, per quanto elementari potessero essere considerate. Negli ultimi suoi articoli (tra cui i più noti furono *In search of engram*, 1950, e *The problem of serial order of behavior*, 1951), Lashley criticò i modelli neuroassoziazionistici che riproponevano al livello del funzionamento cerebrale i meccanismi ipotizzati dall'assoziazionismo e le sequenze stimolo-risposta descritte dal comportamentismo. Il merito storico di Lashley fu essenzialmente quello di aver richiamato l'attenzione degli psi-

cologi sull'importanza delle ricerche sulle basi cerebrali del comportamento quando queste, nell'ottica comportamentistica, venivano ignorate. Sebbene fosse contrario a una spiegazione neurofisiologica elementare dei processi mentali, qual era a suo avviso quella proposta dal neuroconnessionismo di Hebb, Lashley contribuì a spronare i comportamentisti a occuparsi di modelli neurofisiologici e a riconoscere i limiti di una impostazione di ricerca fondata sull'idea di sequenze stimolo-risposta. Il modello S-R, notava Lashley, non era di fatto che la trasposizione sul piano comportamentale del tradizionale modello neurofisiologico dell'arco riflesso. In altri termini, sebbene il comportamentismo avesse rifiutato il riferimento a principi e fenomeni neurofisiologici, di fatto li aveva incorporati nella propria teoria del comportamento.

Altre teorie di orientamento olistico furono fondate sui risultati relativi alle funzioni mentali e al comportamento di pazienti cerebrolesivi.

#### FIGURA 8.2

In alto, da sinistra, Karl S. Lashley e Ivan P. Pavlov in una foto di gruppo al IX Congresso internazionale di psicologia, tenutosi a New Haven (Connecticut, USA) nel 1929. Lashley, allora presidente dell'American Psychological Association, tenne una relazione introduttiva fortemente critica delle teorie delle funzioni cerebrali fondate sul concetto di riflesso. In basso, a destra, Edward L. Thorndike. [Foto da: Archive of the History of American Psychology, University of Akron]



Si tratta del settore di ricerca che negli anni '60 prese il nome di neuropsicologia. Questo tipo di indagine ebbe una crescente espansione soprattutto in concomitanza degli eventi bellici del Novecento. Infatti, durante la I e la II guerra mondiale, furono decine di migliaia i soldati feriti con lesioni cerebrali. Fu possibile confrontare gli effetti delle lesioni in aree circoscritte per verificare il tipo di funzioni specifiche danneggiate e quale fosse la riorganizzazione funzionale delle regioni cerebrali rimaste integre. Il problema della relazione funzionale tra aree corticali lese e aree integre fu centrale nell'opera di Konstantin von Monakow (1853-1930), fondatore dell'Istituto di Anatomia del cervello a Zurigo, autore dei libri *Gehirmpathologie* [Patologia cerebrale] (1897), *Die Lokalisation im Grosshirn und der Abbau der Funktionen durch kortikale Herde* [La localizzazione nel cervello e la riduzione delle funzioni a causa di focolai corticali] (1914) e *Introduction biologique à l'étude de la neurologie et de la psychopathologie* (1928). Von Monakow introdusse tre concetti che complessivamente esprimevano la stretta interazione funzionale tra le varie aree corticali: diaschisi (fenomeno per cui il danno in un'area cerebrale lesa si propaga ad aree integre, alterandone il funzionamento); localizzazione geometrica (tipo di localizzazione propria delle funzioni psichiche inferiori: ciascuna funzione sensoriale e motoria ha una propria localizzazione definita); localizzazione cronogenetica (nel corso dell'ontogenesi si sviluppano funzioni complesse che non sono proprie di specifiche aree corticali, ma dipendono da una particolare integrazione di determinate aree, che si realizza e si modifica nel corso degli anni).

Anche secondo il neurologo inglese Henry Head (1861-1940), l'attività mentale e il comportamento dipendono da un'organizzazione globale del cervello, a sua volta caratterizzata da uno stato fisiologico denominato "vigilanza" in un suo articolo del 1923. Un livello ottimale di vigilanza assicura che la prestazione sia efficiente per tutti i processi mentali. Viceversa, una le-

sione dei centri cerebrali che controllano i livelli di vigilanza produce un danno generalizzato a tutti i processi mentali. Head studiò anche gli effetti di lesioni localizzate in processi cognitivi specifici, in particolare nel linguaggio (ricerche esposte nel libro *Aphasia and kindred disorders of speech*, 2 voll., 1926).

Per spiegare la relazione tra specializzazione per singole funzioni elementari e loro integrazione al livello globale del funzionamento cerebrale, vari ricercatori degli anni '20 e '30 fecero ricorso anche alla teoria della forma e ai suoi principi. Il biologo statunitense George E. Coghill (1872-1941), nel suo libro *Anatomy and the problem of behavior* (1929), sostenne che lo sviluppo dell'integrazione neuronale non si svolgeva per progressiva sommazione di un neurone all'altro, lungo una catena di successive concatenazioni, come nel modello detto telegrafico (il palo B viene connesso al palo A del telegrafo mediante un filo e poi il C a B con un'altra connessione e così via). Al contrario, esiste uno "schema totale" che preordina lo sviluppo successivo; che fa da sfondo, in senso gestaltico, alle connessioni interneuronali che emergeranno nell'ontogenesi e sulle quali si fonda il comportamento.

La stessa impostazione concettuale si ritrova nelle ricerche che furono condotte sui soldati cerebrolesi, reduci della I guerra mondiale, dallo psicologo Adhemar Gelb (1887-1936) e dal neurologo Kurt Goldstein (1878-1965). I risultati furono esposti in una serie di articoli raccolti nel 1920 nel libro intitolato *Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle* [Analisi psicologiche di casi di patologia cerebrale]. Goldstein promosse un progetto avanzato di ricerca sugli effetti delle lesioni cerebrali, nel quale, oltre alla diagnosi dei disturbi del singolo paziente e alla sperimentazione sul decorso delle sue prestazioni successivamente alla lesione, si prevedeva un programma di riabilitazione e reinserimento sociale. In una serie di altre opere, tra cui la più importante fu il volume pubblicato nel 1934 in tedesco (e divenuto noto con il titolo *The organism* nell'edizione

americana del 1939), Goldstein concepì l'attività cerebrale come un continuo processo dinamico nel quale, di momento in momento, spiccano alcune funzioni corticali rispetto ad altre: le prime, secondo una terminologia gestaltista, sono la specifica "figura" funzionale del momento, che risalta/spicca dallo "sfondo" di tutte le altre funzioni corticali. Funzioni che erano figure nel periodo  $x$  (ad esempio, le funzioni del leggere, se sto leggendo un libro) divengono sfondo rispetto ad altre funzioni nel momento  $y$  (smetto di leggere e ascolto la musica, attivando quindi le relative funzioni). Nei casi di lesione cerebrale, l'equilibrio dinamico tra funzioni-figura e funzioni-sfondo viene alterato: alcune funzioni spiccano di più, altre rimangono sempre sullo sfondo, ecc. La lesione, per quanto specifica e localizzata, non produce quindi un sintomo altrettanto definito, sensoriale, motorio o cognitivo, ma un disturbo generalizzato dei processi mentali e comportamentali. Il danno riguarda in particolare le funzioni del comportamento "astratto", le funzioni intellettive e il controllo cosciente, mentre rimane relativamente integro il comportamento "concreto" relativo alle funzioni sensoriali e motorie semplici, all'esecuzione di azioni automatiche e alla soluzione di compiti elementari (distinzione illustrata nella monografia scritta con Martin Scheerer, *Abstract and concrete behavior*, 1941).

La terza impostazione nello studio dell'organizzazione funzionale del cervello ebbe origine dopo la formulazione della teoria del neurone alla fine dell'Ottocento. Si diffuse presto l'idea che i modelli associazionistici della mente potessero avere un fondamento anatomico-funzionale. Secondo l'associazionismo, gli stimoli producono sensazioni, le sensazioni danno luogo a idee e queste si associano tra loro secondo le classiche leggi della somiglianza, della contiguità e del contrasto. Si ritenne, quindi, che esistessero neuroni specializzati per la ricezione degli stimoli connessi a neuroni per l'esecuzione delle relative risposte motorie, ma vi erano anche neuroni di ordine superiore che



**FIGURA 8.3**

Kurt Goldstein, allievo di Carl Wernicke, lavorò dapprima nella clinica psichiatrica di Königsberg, poi dal 1915 nell'Istituto di neurologia di Francoforte, dove strinse un solido rapporto di collaborazione scientifica e amicizia con il gestaltista Max Wertheimer. Nel 1929 divenne professore di neurologia all'Università di Berlino. A causa delle persecuzioni razziali, lasciò la Germania e si trasferì prima ad Amsterdam e poi, nel 1935, negli Stati Uniti, dove divenne professore alla Columbia University di New York.

connettevano queste connessioni inferiori, e così via salendo lungo una scala gerarchica a formare una specie di piramide. Questi modelli, che possiamo chiamare neuroassociazionistici, perché collegavano i principi dell'associazionismo con gli elementi funzionali del sistema nervoso, furono accolti dagli stessi psicologi e divennero oggetto dei primi capitoli dei manuali di psicologia, come in quello di Ebbinghaus del 1908 (Figura 8.4).

La specializzazione funzionale dei neuroni per l'informazione in arrivo dall'ambiente esterno cominciò a essere studiata solo alla fine degli anni '50. Fino ad allora i modelli neuroassociazionistici non si basavano sui dati delle ricerche neurofisiologiche, ma erano formulazioni di tipo puramente speculativo, che rappresentavano quel "sistema nervoso concettuale" che Skinner aveva indicato come caratteristico di

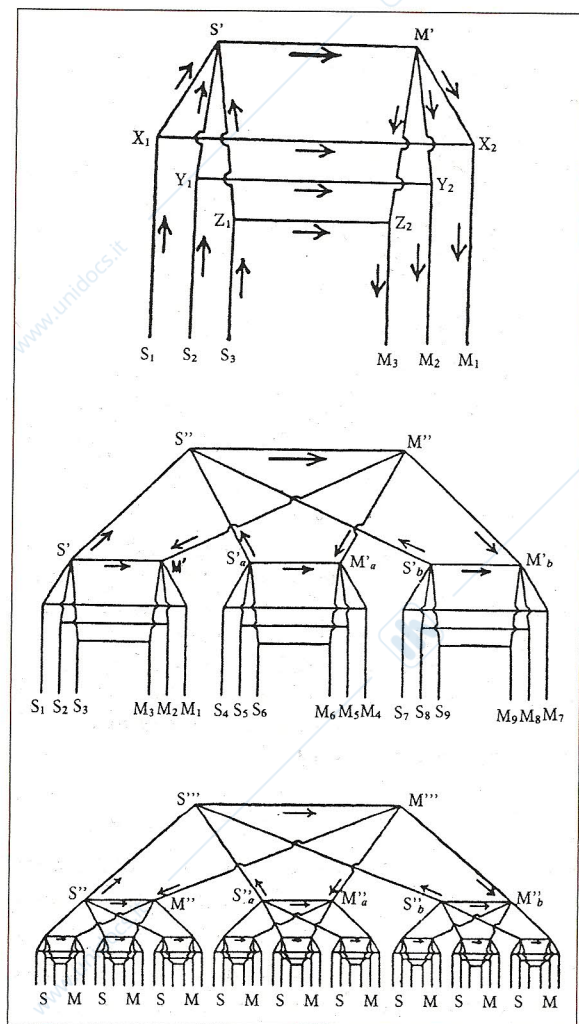


FIGURA 8.4

Secondo Hermann Ebbinghaus vi sono connessioni semplici tra centri nervosi sensoriali ( $S_1, S_2, S_3$ ) e motori ( $M_1, M_2, M_3$ ) che sono integrate da un centro nervoso inferiore ( $S'-M'$ ) (schema in alto); più centri nervosi inferiori sono integrati da un centro nervoso superiore ( $S''-M''$ ) (schema al centro); più centri nervosi superiori sono integrati da un centro nervoso di ordine ancora superiore ( $S'''-M'''$ ) (schema in basso) (Tratto da: H. Ebbinghaus, *Abriss der Psychologie* [Compendio di psicologia], 1908).

queste ricerche in cui neurofisiologia e psicologia si sovrapponevano nello studio del comportamento. La più importante versione del neuroassociazionismo e il più originale esempio di sistema nervoso concettuale furono

opera di Donald O. Hebb (1904-1985), psicologo canadese. La formazione di Hebb fu vasta: studiò alla McGill University di Montreal con il fisiologo Boris P. Babkin, che era stato un allievo di Pavlov; con Karl S. Lashley alla University of Chicago, alla Harvard University e agli Yerkes Laboratories of Primate Biology in Florida; con il neurochirurgo Wilder G. Penfield al Neurological Institute of Montreal. Nel 1949 Hebb pubblicò il libro *The organization of behavior: A neuropsychological theory*, una delle principali opere della psicologia del primo Novecento. Rispetto al comportamentismo dominante, l'opera di Hebb metteva in evidenza il ruolo dei processi interni alla black box, sia mentali che cerebrali. Inoltre, veniva formulata un'ipotesi sul funzionamento dei neuroni che avrebbe orientato la stessa ricerca neurofisiologica nei decenni successivi. Hebb era interessato non tanto alle modalità con cui i neuroni sensoriali elaborano l'informazione in entrata e i neuroni motori attivano la risposta periferica, quanto alle modalità con cui lavorano i neuroni implicati nei processi di apprendimento e memoria, cioè quei processi interni che sono alla base delle attività mentali. Nell'introduzione al suo libro, Hebb distinse chiaramente la prospettiva molare o olistica, cui si è già fatto riferimento, dalla prospettiva molecolare, fondata sull'idea di connessioni tra singoli neuroni. Hebb scelse questa seconda impostazione, che egli stesso chiamò connessionismo, ma introducendo dei principi nuovi. Le connessioni non avvenivano secondo meccanismi automatici e sequenziali (uno stimolo attiva il neurone A, il neurone A si connette al B, il B al C, ecc.), ma in base a meccanismi funzionali autonomi. Hebb fece riferimento alle ricerche di Rafael Lorente de Nó (1902-1990), un neuroanatomista statunitense di origine spagnola che era stato allievo di Ramón y Cajal. Lorente de Nó aveva ipotizzato, in una serie di articoli tra il 1938 e il 1939, l'esistenza nel cervello di "circuiti riverberanti", un insieme di neuroni che scaricano in modo autonomo, indipendentemente da un'eccitazione iniziale. In

base a questo principio, secondo Hebb, se vi sono, per fare un esempio semplice, tre neuroni A, B e C che vengono ripetutamente eccitati in modo simultaneo, si forma alla fine un'assemblea cellulare A-B-C. È sufficiente eccitare uno dei tre neuroni per far attivare tutta l'assemblea, che comincia a rispondere in modo riverberante. L'integrazione tra varie assemblee cellulari (secondo il principio detto "sequenza di fase") sarebbe stato il fondamento dell'organizzazione cerebrale sottostante ai processi psichici. Nel suo libro Hebb presentò anche alcune ipotesi sui tipi di assemblea cellulare che potevano essere presenti effettivamente nel cervello, in particolare nella corteccia visiva (Figura 8.6). Si tratta di un modello dell'organizzazione neuronale implicata nella percezione visiva che sarà ripresa alcuni anni dopo dai neurofisiologi. Nell'importante articolo su *Drives and the C.N.S. (Conceptual Nervous System)* del 1955, Hebb estese la prospettiva di ricerca, fondata sull'idea del "sistema nervoso concettuale", dall'area dei processi cognitivi alle pulsioni e motivazioni. La rilevanza dello studio dei processi neurofisiologici per spiegare la for-

FIGURA 8.5  
Donald O. Hebb.

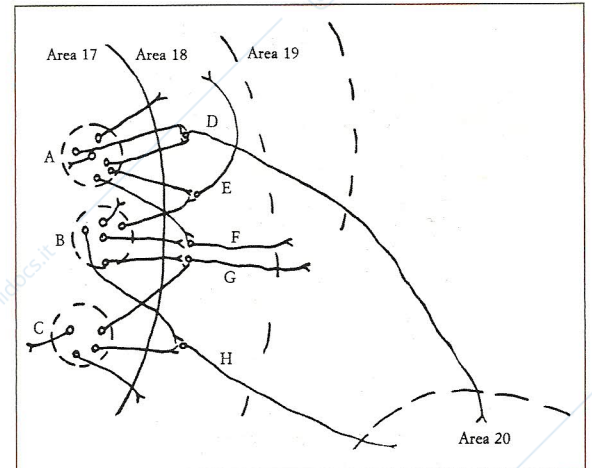


FIGURA 8.6

Schema di Hebb che mostra la convergenza di gruppi di neuroni nell'area 17 (corteccia visiva primaria o V1) sui neuroni dell'area 18 e di questi sull'area 19. Si noti che dalle cellule dell'area 18 l'eccitazione può riverberare all'indietro verso le cellule dell'area 17. Sono previste anche connessioni dirette tra l'area 18 e l'area 20. (Tratto da: D. O. Hebb, *The organization of behavior: A neuropsychological theory*, 1949).

mazione dei processi mentali fu uno dei temi emergenti nella psicologia nordamericana degli anni '50 e una delle principali cause della crisi interna al comportamentismo, che, soprattutto nella versione di Skinner, continuava a rifiutare tale tipo di indagine. In questo senso più generale, l'opera di Hebb viene considerata decisiva per lo sviluppo del cognitivismo.

I meccanismi che intervengono nella connessione tra neuroni, ipotizzati da Hebb, furono affrontati con nuove tecniche elettrofisiologiche e chimiche negli anni '60. In particolare, le ricerche del fisiologo statunitense di origine austriaca Eric R. Kandel (n. 1929) dimostrarono come le connessioni si stabiliscono a livello simpatico, assicurando un legame inter-neuronale stabile che può essere considerato il fondamento della memoria. Kandel, che per i suoi lavori ottenne il premio Nobel per la fisiologia e la medicina nel 2000, ritenne che i fenomeni sinaptici registrati nel ganglio della *Aplysia*, la lumaca di mare, fossero alla base

anche dei processi più complessi dell'apprendimento e della memoria. Se, da un parte, non veniva negato il ruolo dei fattori genetici in questi processi (ricerche importanti in questo campo furono svolte, in quegli stessi anni, da Daniel Bovet, premio Nobel nel 1955), dall'altra, si metteva in evidenza la straordinaria capacità del sistema nervoso di generare nuove connessioni.

### X ■ 8.3. LE RICERCHE SUI MACROSISTEMI CEREBRALI

Nel libro *The working brain* (1973) del neuropsicologo Aleksandr R. Lurija, di cui si tratterà più diffusamente in un prossimo paragrafo (cfr. § 8.5), l'organizzazione funzionale del cervello, in relazione ai processi psichici e al comportamento, fu divisa in tre grandi unità o blocchi funzionali: 1) unità per la regolazione del tono del comportamento, del ciclo veglia-sonno, dei bisogni e delle emozioni (formazione reticolare, strutture sottocorticali); 2) unità per la ricezione, l'analisi e l'immagazzinamento dell'informazione (lobi occipitali, temporali e parietali); 3) unità per la programmazione, la regolazione e il controllo dell'azione (aree motorie, premotorie, prefrontali). Secondo Lurija, ciascuna unità integra un insieme di strutture specifiche e, a loro volta, tutte e tre le unità sono integrate tra di loro, probabilmente sotto il controllo dei lobi frontali.

Queste unità, o macrosistemi cerebrali, come possiamo chiamarli, sono state al centro di ricerche specifiche in tutto il corso del Novecento, con una crescita progressiva del loro numero soprattutto dagli anni '50 in poi. Come si è già notato, gli eventi bellici che hanno attraversato tragicamente questo secolo hanno avuto, tra l'altro, come conseguenza, la presenza di migliaia di feriti di guerra (il primo lavoro di Lurija del 1947 sui disturbi afasici fu condotto su 394 soldati con lesioni dell'emisfero sinistro). Lo studio degli effetti di lesioni cerebrali sui processi psichici, già avviato a metà Ottocen-

to, divenne un settore di indagine specifico negli anni '60, sotto il nome di "neuropsicologia". Le prime due riviste specializzate in quest'area furono *Neuropsychologia* (dal 1963) e *Cortex* (dal 1964).

Oltre agli studi sui pazienti cerebrolesi, le ricerche sono state condotte con metodologie elettrofisiologiche (elettroencefalogramma, potenziali correlati a eventi) e tecniche di neuroimmagine. La registrazione dell'attività elettrica del cervello in soggetti umani fu introdotta dallo psichiatra tedesco Hans Berger (1873-1941), che descrisse i vari ritmi elettroencefalografici. Berger aveva scritto nel 1921 il libro *Psychophysilogie* [Psicofisiologia], dedicato allo studio delle basi fisiologiche dei processi psichici. Il termine "psicofisiologia" indicò in seguito un'impostazione di indagine fondata sulla registrazione di fenomeni fisiologici correlati all'attività psichica in corso. Questi correlati potevano dipendere dal sistema nervoso centrale (elettroencefalogramma, potenziali correlati a eventi), periferico (elettromiogramma) e vegetativo (elettrocardiogramma, riflesso psicogalvanico, ecc.). La psicofisiologia si caratterizzò come disciplina autonoma negli anni '60 (nel 1964 fu fondata la rivista *Psychophysiology*), distinguendosi in quegli anni dalla psicologia fisiologica, intesa come l'area disciplinare più ampia in cui erano inclusi vari orientamenti nello studio delle basi fisiologiche dei processi psichici e comportamentali: studi su animali con tecniche di lesione, studi farmacologici, studi su soggetti umani, ecc. Per quest'area si sarebbe preferito in seguito il termine "neuroscienze".

Seguendo schematicamente la divisione di Lurija dell'organizzazione funzionale in tre unità cerebrali, le principali ricerche condotte nel secondo Novecento furono le seguenti.

Per quanto riguarda la regolazione del tono del comportamento e del ciclo veglia-sonno, fu fondamentale lo studio pubblicato nel 1949 dal fisiologo italiano Giuseppe Moruzzi (1910-1986) e dallo statunitense Horace W. Magoun (1907-1991) sulle funzioni della formazione

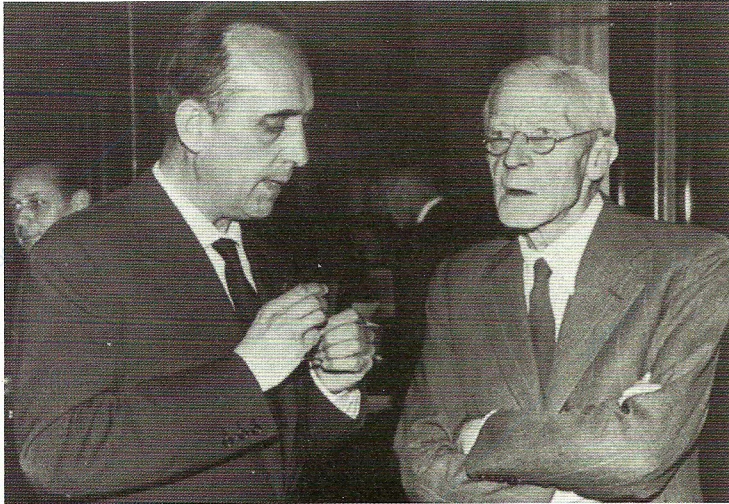


FIGURA 8.7

Giuseppe Moruzzi (a sinistra) con Lord Adrian (premio Nobel per la fisiologia e la medicina nel 1932) a Londra nel 1960. Moruzzi ebbe una formazione ed esperienze di livello internazionale: alla fine degli anni '30 studiò a Bruxelles con Frédéric Bremer e a Cambridge con Edgar D. Adrian; nel 1948-1949 a Chicago con Horace W. Magoun. Moruzzi fu un illustre rappresentante di una solida tradizione scientifica italiana, dove la finezza del ricercatore di laboratorio era integrata da una vasta cultura umanistica. Nell'Istituto di fisiologia di Pisa formò la più importante scuola italiana di neurofisiologia.

reticolare, una complessa rete di neuroni localizzata nel tronco encefalico. Fu dimostrato che questo sistema era responsabile del controllo del ciclo veglia-sonno e aveva quindi un ruolo centrale nella modulazione del livello di attivazione di un animale. Nel 1951 lo psicologo statunitense Donald B. Lindsley (1907-2003) presentò una "teoria dell'attivazione" nella quale veniva fissata la relazione tra la cosiddetta dimensione energetica e la direzione o il contenuto specifico dell'attività comportamentale. L'energia o il tono dipendevano dalle condizioni fisiologiche più generali dell'organismo, dal ciclo veglia-sonno, dai vari altri ritmi (circadiani e non), dai bisogni fisiologici, ecc. In questa dimensione energetica erano implicati non solo il sistema nervoso vegetativo, ma anche i centri sottocorticali di regolazione e controllo dei bisogni, delle pulsioni e delle emozioni. Uno dei contributi principali in questo settore era stato dato dal fisiologo statunitense Walter B. Cannon (1871-1945), autore di *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage* (1915) e *The wisdom of body* (1932). Cannon introdusse il concetto di "omeostasi", il sistema di autoregolazione con cui l'organismo controlla e aggiusta le funzioni degli organi interni rispetto ai bisogni e alle condizioni ambientali. Inoltre, Cannon e un suo allievo, il fisiologo Philip Bard (1898-1977), dimostrarono il ruolo delle strutture sot-

tocorticali, in particolare del talamo, nella produzione e regolazione delle emozioni (la teoria talamica delle emozioni o teoria Cannon-Bard). Nel 1937 il neuroanatomista James Papez (1883-1958) descrisse un circuito cerebrale implicato nell'attivazione e controllo delle emozioni (e noto con il suo nome: circuito di Papez), nel quale sono inclusi l'ippocampo, il giro cingolato, l'ipotalamo e i nuclei talamici anteriori. Successivamente, nel 1952, il fisiologo statunitense Paul D. MacLean (1913-2007), indicò con "sistema limbico" o "cervello viscerale" l'insieme di tutte le strutture sottocorticali (circuito di Papez, amigdala e ipotalamo) implicate nel controllo dei bisogni fisiologici e nelle emozioni. Una linea di ricerca, che si sviluppò negli anni '50, fu dedicata agli effetti della stimolazione elettrica o delle lesioni sperimentali di queste strutture sottocorticali, per verificarne il ruolo specifico nelle emozioni e nelle motivazioni (uno dei lavori più noti fu quello del 1954 di James Olds e Peter Milner sugli effetti della stimolazione elettrica di tali strutture, con l'individuazione dei "centri cerebrali del piacere").

Un altro settore di indagine fu quello relativo alla psicofisiologia del sonno e del sogno. Si trovò che, mediante la registrazione dell'elettroencefalogramma e di altri indici fisiologici (in particolare i movimenti oculari), era possi-

bile differenziare varie fasi del sonno, alcune delle quali erano associate all'attività onirica (cosiddetta fase REM per la presenza di *Rapid Eye Movements* o movimenti oculari rapidi). L'opera di riferimento fu *Sleep and wakefulness* di Nathaniel Kleitman (1895-1999), libro pubblicato nel 1938 e rivisto nel 1963. Nel 1953 Kleitman e Eugene Aserinsky dimostrarono la comparsa dei movimenti oculari rapidi durante il sonno e, pochi anni dopo, sia Kleitman che William C. Dement, associarono questo fenomeno all'attività onirica.

I principali risultati sulle funzioni delle varie aree corticali provennero, come accennato in precedenza, dalle ricerche condotte su pazienti cerebrolesi. Negli anni '50 circa ebbe inizio un filone di studi su pazienti affetti da epilessia e sui quali venivano procurate ablazioni di tessuto cerebrale a scopo terapeutico. Il neurochirurgo canadese Wilder Penfield (1891-1976), sulla base di un'analisi sistematica degli effetti di questi interventi chirurgici su un vasto numero di pazienti, tracciò una mappa aggiornata della localizzazione delle funzioni sensoriali, corticali e motorie del cervello umano. Questi dati furono confermati anche dallo studio degli effetti della stimolazione elettrica di regioni cerebrali molto ristrette. In base al punto stimolato, i pazienti avevano esperienze sensoriali, rievocavano nomi ed eventi, muovevano parti del corpo, ecc. (nel 1957 Penfield riassunse le sue ricerche nel libro *The cerebral cortex of man: A clinical study of localization of function*, scritto insieme a Theodore Rasmussen).

Una svolta fondamentale nello studio delle funzioni psichiche del cervello umano fu rappresentata dalle ricerche sui pazienti con "cervello diviso" (*split brain*). Allo scopo di impedire che il focolaio epilettogeno si diffondesse da un emisfero all'altro, a questi pazienti era stato reciso il corpo calloso, il fascio di fibre nervose che connette i due emisferi cerebrali. In questa condizione, i due emisferi lavorano separatamente, senza integrare la loro attività. Il primo lavoro comparve nel 1962, ad opera dello psicologo Michael S. Gazzaniga (n. 1939), del

neurochirurgo Joseph E. Bogen (1926-2005) e dello psicologo Roger W. Sperry (1913-1994). Seguirono molti altri studi, sia dello stesso Sperry che dei suoi collaboratori, tra cui lo stesso Gazzaniga, che misero in evidenza sia il ruolo di integrazione funzionale svolto dal corpo calloso, sia la specializzazione funzionale di ciascun emisfero. Fino ad allora l'emisfero sinistro, reputato generalmente sede del linguaggio, era stato considerato l'emisfero dominante, rispetto all'emisfero destro, ritenuto di minore importanza. Si scoprì, invece, che l'emisfero destro aveva funzioni altrettanto importanti, soprattutto nella sfera della cognizione visuo-spaziale e delle emozioni. La portata rivoluzionaria dei risultati di queste ricerche valse a Sperry l'assegnazione del premio Nobel per la fisiologia e medicina nel 1981 (Figura 8.8). Negli anni '70 circa ebbe inizio anche una nuova linea di ricerca sulla specializzazione emisferica in soggetti normali, invece che in soggetti con deficit. Per la specializzazione dell'informazione uditiva e musicale, i lavori più interessanti furono quelli della psicologa canadese Doreen Kimura, condotti mediante la tecnica dell'ascolto dicotico (presentazione simultanea ai due orecchi di stimoli), mentre, per la specializzazione dell'informazione visiva e visuo-verbale, il lavoro di riferimento fu quello pubblicato nel 1971 sulla rivista *Brain* dagli italiani Giacomo Rizzolatti, Carlo Arrigo Umiltà e Giovanni Berlucchi.

Per tutti gli anni '70 e '80, la specializzazione emisferica fu uno dei temi centrali della neuropsicologia. I gruppi di ricerca più attivi furono negli Stati Uniti (Arthur L. Benton, Norman Geschwind, Hans-Lukas Teuber), Canada (Brenda Milner), Inghilterra (MacDonald Critchley, Elizabeth Warrington, Lawrence Weiskrantz, Oliver L. Zangwill), Francia (Julian de Ajuriaguerra, Henri Hecaen) e Italia (Ennio De Renzi e la sua scuola), oltre che in Russia (scuola di Lurija; cfr. § 8.5). Furono proposte teorie generali del funzionamento dei due emisferi basate su dicotomie relative o al tipo di informazione elaborata (emisfero sinistro:



**FIGURA 8.8**

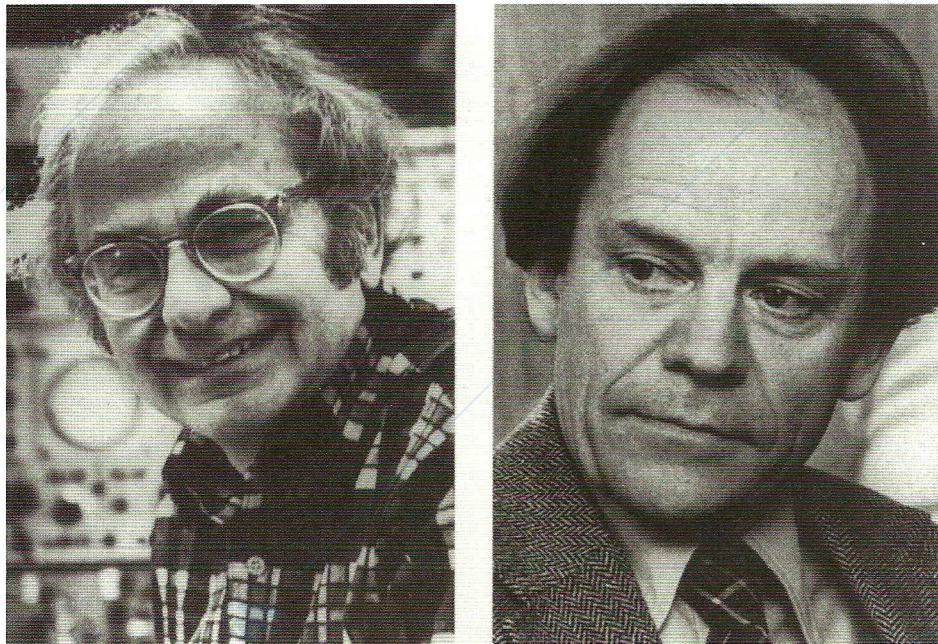
Prima dei suoi studi sul cervello diviso, per i quali ottenne il premio Nobel nel 1981, Roger W. Sperry aveva compiuto ricerche molto originali sullo sviluppo e la specificità delle vie nervose. Dopo aver insegnato dal 1946 alla University of Chicago, nel 1954 Sperry divenne professore di psicobiologia al California Institute of Technology a Pasadena.

verbale; emisfero destro: visuo-spaziale) o al tipo di modalità di elaborazione (emisfero sinistro: analitica/in sequenza; emisfero destro: sintetica/in parallelo). Dopo gli anni '80 la neuropsicologia si è valsa delle nuove tecnologie di neuroimmagine per affinare le proprie indagini sui pazienti cerebrolesi e studiare, su un numero progressivamente crescente di soggetti normali, il funzionamento del cervello durante i vari processi mentali.

#### ✕ ■ 8.4. LA SPECIALIZZAZIONE FUNZIONALE DEI NEURONI

Fin dai primi del Novecento le ricerche di cittoarchitettura avevano messo in evidenza che le varie regioni della corteccia si differenziavano in base al tipo di neuroni. Ad esempio, la

forma dei neuroni della corteccia posteriore era visibilmente diversa da quella dei neuroni della corteccia anteriore. Poiché lesioni in queste parti differenti del cervello producevano disturbi diversi, sensoriali o motori, si poteva ipotizzare, a ragione, che i neuroni avessero una specializzazione funzionale ben distinta. Negli anni '50 furono realizzati nuovi elettrodi molto fini (microelettrodi), che potevano registrare l'attività elettrica di singoli neuroni. Le ricerche svolte da Vernon Mountcastle (n. 1918) sulla corteccia somatosensoriale e da David H. Hubel (n. 1926) e Torsten Wiesel (n. 1924) sulla corteccia visiva, dimostrarono che i relativi neuroni rispondevano in modo selettivo a determinate caratteristiche fisiche dello stimolo. Furono elaborati vari modelli del funzionamento della corteccia visiva per cui, secondo i tradizionali modelli neuroconnessionistici (da Ebbinghaus a Hebb), i singoli neuroni hanno una selettività per le singole caratteristiche dell'informazione esterna e sono tra di loro interconnessi attraverso neuroni di livello superiore. I complessi di neuroni che rispondono a caratteristiche diverse dello stimolo, ma che lavorano insieme per dar luogo a un prodotto unitario, vennero chiamati moduli. Ad esempio, la percezione delle facce potrebbe richiedere il lavoro integrato di numerosi neuroni, ciascuno dei quali è specializzato per certe caratteristiche di tali stimoli (forma, grandezza, colore, ecc.). I due ricercatori della Harvard Medical School, Hubel e Wiesel (Figura 8.9), vincitori nel 1981 del premio Nobel per la fisiologia e la medicina, descrissero una serie gerarchica di cellule della corteccia visiva (semplici, complesse e ipercomplesse), che si integrano in modo gerarchico per elaborare l'informazione in arrivo dalla retina e dalle strutture sottocorticali e dare luogo al percepito. Hubel, in un articolo del 1965 su *Scientific American*, fece un riferimento diretto al concetto di assemblea cellulare di Hebb per spiegare l'organizzazione integrata di più neuroni. I lavori di Hubel e Wiesel sulla corteccia visiva del gatto e della scimmia portavano a compimento una serie di ricerche precedenti



**FIGURA 8.9**  
David H. Hubel (a sinistra) e Torsten N. Wiesel (a destra).

avviate da vari neurofisiologi. Tra questi, va ricordato in particolare il fisiologo svedese Ragnar Granit (1900–1991), premio Nobel per la medicina e la fisiologia nel 1967; che aveva ricevuto una solida formazione metodologica durante la sua permanenza nel laboratorio di Sherrington a Oxford. Granit condusse una serie di studi sull'organizzazione funzionale della retina (ricerche riassunte nel libro *Sensory mechanisms of the retina*, 1947). Importante fu anche il lavoro di Jerome Lettvin, Humberto R. Maturana, Warren S. McCulloch e Walter H. Pitts sulla selettività delle cellule gangliari della retina della rana a vari tipi di stimoli visivi (un articolo del 1959 poi divenuto paradigmatico di questo tipo di indagini neurofisiologiche fu intitolato: *What the frog's eye tells the frog's brain*).

I modelli neuroconnessionistici ebbero una larga diffusione tra gli anni '60 e '70 sotto la spinta dei nuovi dati neurofisiologici sulla specializzazione neuronale. Ad esempio, per quanto riguarda la percezione visiva di figure geo-

metriche, si poteva supporre che neuroni semplici rispondessero selettivamente all'orientamento dei segmenti, che vi fossero poi neuroni selettivi agli angoli, altri selettivi alle curvature, ecc. e poi neuroni di ordine superiore che raccoglievano e integravano l'informazione proveniente dai neuroni inferiori. Secondo questo percorso sequenziale e gerarchico si arrivava, quindi, a riconoscere un triangolo, un quadrato, un cerchio, ecc. Questo processo poteva accadere anche per il riconoscimento delle lettere dell'alfabeto: segmento per segmento, per poi arrivare a una figura completa e distinguere la P dalla R o la X dalla W (questo fu, ad esempio, il modello della lettura proposto da Eleanor J. Gibson e Harry Levin, *The psychology of reading*, 1975). Nel libro di Jerzy Konorski, *The integrative activity of the brain* (1973), fu ipotizzata l'esistenza di neuroni altamente specializzati, le unità cognitive, nelle quali convergevano informazioni di ordine più elementare e la cui funzione era quella di elaborare e riconoscere stimoli complessi, come oggetti, lettere,

facce, ecc. La concezione di un'organizzazione modulare della mente, fondata su moduli di neuroni specializzati, fu presentata dal filosofo statunitense Jerry Fodor nel suo libro *The modularity of mind: An essay on faculty psychology* (1983). Fodor si richiamava alla passata teoria della psicologia delle facoltà e alla frenologia per sviluppare l'idea che la mente avesse questa architettura a moduli, ciascuno dedicato a facoltà o funzioni distinte (percezione ed esecuzione del linguaggio, riconoscimento delle facce, percezione musicale, ecc.). Negli anni '70 furono, però, avanzati nuovi modelli del funzionamento cerebrale che non accettavano l'idea di un'elaborazione sequenziale e gerarchica. Si ritenne che le varie unità neuronali lavorassero in parallelo, pur avendo funzioni specializzate. Tra le prime proposte in questa direzione va ricordata la teoria di Karl Pribram (*The languages of the brain*, 1971), secondo la quale il cervello non produce sequenze fotografiche statiche, ma immagini dinamiche, in continua fluttuazione, simili a quelle di un ologramma. Il più importante modello in parallelo fu quello presentato nello studio dell'organizzazione neuronale della corteccia visiva da ricercatori che lavoravano nel Laboratorio di Neurofisiologia di Cambridge, sotto la guida di Fergus W. Campbell, e nel Laboratorio di Neurofisiologia del CNR a Pisa, intorno a Lamberto Maffei, neurofisiologo allievo di Moruzzi (Figura 8.10). Questi lavori riguardavano la specializzazione dei neuroni della corteccia visiva per la frequenza spaziale, una fondamentale caratteristica dello stimolo visivo. Fu avanzata l'ipotesi che la corteccia visiva, per rilevare le frequenze spaziali, funzionasse secondo i principi dell'analisi e sintesi di Fourier, con la scomposizione delle componenti di uno stimolo visivo effettuata in parallelo da singoli neuroni specializzati nell'elaborazione di ciascuna frequenza.

I modelli sequenziali e gerarchici del funzionamento della corteccia erano stati proposti in analogia con il funzionamento dei calcolatori. Secondo la concezione di John von

Neumann (*The computer and the brain*, 1958), sia il cervello che il calcolatore sono composti da sotto-sistemi con funzioni distinte, ma predisposti in modo da lavorare in sequenza, passando da uno all'altro. Tra questi sottosistemi vi è quello dedicato alla memoria, che è separato dai sottosistemi di elaborazione. Questa concezione è presente in molti modelli cognitivistici degli anni '60 e '70.

Negli anni '80 fu, invece, avanzata l'ipotesi di una elaborazione in parallelo, senza prevedere un sottosistema di memoria separato dalle altre unità dell'intero sistema. Secondo questi modelli, le "reti neurali" sono formate da un numero altissimo di connessioni di unità semplici e specializzate che lavorano simultaneamente, dando luogo a configurazioni globali (massive) che cambiano continuamente in funzione del peso eccitatorio o inibitorio che ciascuna unità acquista nel tempo. Questa nuova forma di connessionismo, in cui si conciliava l'ipotesi di una specializzazione delle singole unità neuronali con quella di un'integrazione globale realizzata in parallelo, fu presentata nella versione più sistematica da David E. Rumelhart, James L. McClelland e il gruppo di ricerca PDP (Parallel Distributed Processing) nel 1986. Questo tipo di prospettiva, in cui convergono ricerche dirette sul funzionamento del sistema nervoso e simulazione al calcolatore, è proseguito nell'ambito delle neuroscienze computazionali (di cui una prima trattazione sistematica fu data nel 1992 nel libro *The computational brain* di Patricia S. Churchland e Terrence J. Sejnowski).

Un nuovo tipo di specializzazione neuronale è stato scoperto nel 1996 da un gruppo di ricercatori diretto da Giacomo Rizzolatti, professore di fisiologia all'Università di Parma, anche lui proveniente dalla prestigiosa scuola pisana di Moruzzi. Oltre ai neuroni specializzati per riconoscere un oggetto e quelli per l'esecuzione di un movimento, competenze neuronali già note, è stato dimostrato che vi sono neuroni, nell'area intraparietale della scimmia, che scaricano in relazione al tipo di azione che

**FIGURA 8.10**

Adriana Fiorentini e Lamberto Maffei: il loro lavoro sulla corteccia visiva come un analizzatore di Fourier comparve nel 1973.

evoca un oggetto (ad esempio, la percezione di una bacchetta attiva la rappresentazione motoria del modo in cui la si impugna) e neuroni nella corteccia premotoria (area F5) che traducono questa rappresentazione nella esecuzione motoria (questi neuroni “dicono” quali movimenti devono essere fatti per eseguire l’azione, ma i neuroni che eseguono effettivamente questo schema motorio sono altri, localizzati nella corteccia motoria, ad esempio, se la stessa azione deve essere eseguita dalla mano destra o dalla sinistra). Infine, vi sono i “neuroni specchio”, e questa è la scoperta più sorprendente, che rispondono durante l’osservazione delle azioni compiute da altri animali. Essi sono localizzati nella porzione anteriore del lobo parietale inferiore, nel settore inferiore del giro precentrale e nel settore posteriore del giro frontale inferiore. I neuroni specchio riconoscono lo scopo dell’atto motorio e codificano l’organizzazione temporale dei movimenti utili all’atto stesso. Le implicazioni teoriche delle ricerche sui neuroni specchio sono varie. La più importante è che viene modificata la concezione tradizionale del cervello come un sistema passivo di registrazione dell’informazione esterna e di emissione conseguente di risposte. Il cervello non è solo un sistema di conoscenza e rispecchiamento del mondo esterno (la mente come specchio è un’antica metafora presente

nel pensiero occidentale da secoli, come ha dimostrato il filosofo Richard Rorty nel suo libro *Philosophy and the mirror of nature*, 1979). Infatti, il cervello è in primo luogo lo strumento attraverso il quale un organismo animale interagisce con gli altri animali, conspecifici e non, nel processo di adattamento e sopravvivenza. È quindi un sistema non tanto di conoscenza, quanto di azione o, meglio, di interazione. Mentre, fino a quasi tutto il Novecento, il cervello era stato studiato isolatamente durante la reazione a una sequenza di stimoli, ora si può concepire una neurofisiologia più appropriata, soprattutto per l’indagine delle funzioni cerebrali nei primati e nella specie umana, mirata a studiare il cervello nella sua interazione con gli altri cervelli. Questa prospettiva, oggi denominata “neuroscienze sociali”, si riallaccia direttamente al tema della Teoria della Mente, alla capacità che ha la mente umana di prevedere il comportamento altrui sulla base dei processi psichici (credenze, aspettative, desideri, ecc.) che potrebbero essere all’opera nella mente della persona con cui interagisce. Poiché si ritiene che un disturbo della Teoria della Mente sia una caratteristica fondamentale dell’autismo, si è ipotizzato che il fondamento neurofisiologico di questo disturbo potrebbe essere in una disfunzione dei neuroni specchio del cervello umano.

### ✕ ■ 8.5. LA TEORIA DI LURIJA

La dimensione sociale delle funzioni cerebrali umane, che rappresenta attualmente uno dei settori più avanzati delle neuroscienze, era stata di fatto sottolineata alcuni decenni prima dallo psicologo russo Aleksandr R. Lurija (1902-1977). Collaboratore tra i più stretti di Vygotskij, Lurija aveva spostato i propri settori di indagine dallo sviluppo mentale del bambino agli effetti delle lesioni cerebrali sui processi mentali. Questo nuovo interesse aveva come riferimento quello che Vygotskij aveva maturato poco prima di morire, nel 1934, per il problema della localizzazione delle funzioni cerebrali. Vygotskij si era occupato dei disturbi del linguaggio fin dal 1924, frequentando la Clinica neurologica di Mosca, aveva esaminato criticamente la letteratura sull'argomento ed era arrivato a formulare alcuni principi relativi allo «sviluppo e alla disintegrazione delle funzioni psichiche superiori» (1931). In particolare, in uno scritto del 1934 che era rimasto ignoto agli studiosi occidentali fino al 1965, quando Lurija lo tradusse in inglese per la rivista *Neuropsychologia*, Vygotskij introduceva il concetto di «sistema funzionale» cerebrale, una meta-organizzazione cerebrale che si sviluppa nel corso dell'ontogenesi integrando sottosistemi specializzati per funzioni meno complesse. Ad esempio, la scrittura e la lettura sono processi cognitivi che richiedono l'integrazione di aree specializzate per le funzioni sensoriali, motorie e cognitive. Questa integrazione, però, non è determinata geneticamente in ciascun individuo della specie umana. I sistemi funzionali della scrittura o della lettura si realizzano nel cervello di un bambino, se questo cresce in un momento storico e in un contesto culturale dove la scrittura e la lettura sono sistemi di comunicazione che vengono insegnati e appresi. In una cultura analfabeta questi sistemi cerebrali non possono svilupparsi. Quello che interessava Vygotskij e Lurija non era tanto la localizzazione di funzioni, anche specificamente umane come il linguaggio, che erano iscritte nel patri-

monio genetico della specie, ma l'organizzazione funzionale nuova, dinamica, che si stabilisce in relazione alle influenze ambientali. In questa accezione, si può parlare di *storia* delle funzioni cerebrali, per indicare come il cervello della specie umana non sia bloccato in un percorso geneticamente determinato, ma sia capace di realizzare nuovi percorsi la cui varietà dipende dal momento storico (si pensi al cervello di un uomo greco dell'epoca dell'Iliade e dell'Odissea, quando vi era solo una cultura orale) e dal contesto sociale (anche quando si cresce in un'epoca storica in cui la cultura scritta è già diffusa, non tutti i bambini, per motivi sociali ed economici, possono sviluppare queste competenze). Secondo Lurija, vi può essere, quindi, una localizzazione rigida solo delle funzioni elementari; ad esempio, il movimento di ciascun dito di una mano dipende da neuroni specifici della corteccia motoria che hanno tale funzione per via genetica. Però, il movimento delle dita per eseguire un brano musicale al pianoforte richiede una pianificazione di sequenze motorie che cambiano di volta in volta in funzione del brano e che dipendono dal livello di apprendimento. Anche il linguaggio verbale è una funzione geneticamente determinata, per la quasi totalità degli individui destrimani localizzata nell'emisfero cerebrale sinistro. Però, la scrittura o la lettura sono funzioni corticali acquisite che si realizzano in certi individui e in ciascun individuo richiedono un processo complesso di apprendimento. La localizzazione dinamica di queste funzioni corticali superiori, di origine storico-culturale, è dunque altamente complessa, variabile da individuo a individuo in relazione all'età e all'apprendimento, da una parte, e alla cultura, dall'altra (ad esempio, l'organizzazione cerebrale necessaria per acquisire la capacità di leggere e scrivere i sistemi di scrittura giapponesi è molto diversa da quella per i sistemi fondati sull'alfabeto latino).

Lurija sviluppò la propria teoria attraverso un'analisi sistematica di numerosi casi di persone con lesione cerebrale. Il campione inizia-

le fu costituito dai soldati cerebrolesi esaminati durante la II guerra mondiale, mentre prestava servizio in un ospedale militare sugli Urali. Lurija si era laureato in scienze naturali nel 1921 a Kazan e poi in medicina a Mosca nel 1936, aveva quindi iniziato a lavorare presso l'Istituto di neurochirurgia di Mosca, dove continuò il suo lavoro di neuropsicologo fino alla morte nel 1977. Vi fu una parentesi, tra il 1953 e il 1959, a seguito delle critiche ricevute per non aver aderito alla teoria pavloviana, allorché fu obbligato a trasferirsi presso l'Istituto di Difettologia e a studiare i bambini con ritardo mentale (sono di questo periodo gli importanti lavori sul linguaggio e i processi mentali nel bambino normale e nel bambino con patologie cerebrali). La produzione neuropsicologica fu caratterizzata da opere di grande rilievo, presto tradotte nelle lingue occidentali, come *Traumatičeskaja afazija* [Afasia traumatica] (1947), *Vosstanovlenie funkcij mozga posle voennoj travmy* [La riabilitazione delle funzioni cerebrali dopo i traumi di guerra] (1948), *Očerki psihofiziologii pisma* [Saggi di psicofisiologia della scrittura] (1950) e poi la monografia più sistematica *Vyššie korkovye funkcij človeka* [Le funzioni corticali superiori nell'uomo] (1962). Negli anni '60 e '70 Lurija scrisse numerosi articoli e libri su problemi specifici, in particolare sui disturbi del linguaggio e della memoria, e un libro di sintesi, che ebbe una grande diffusione a livello internazionale, intitolato in inglese *The working brain* (1973). In un articolo pubblicato sull'*American Psychologist* del 1977, e scritto assieme a L.V. Majovski, Lurija contrappose la propria impostazione neuropsicologica a quella americana, occidentale. Per quest'ultima, notava Lurija, era essenziale la raccolta di un vasto numero di pazienti che avessero lesioni paragonabili per sede e per estensione per verificare, su basi statistiche, la specificità del disturbo psichico. Anche per Lurija i dati ottenuti da campioni numerosi di soggetti erano importanti, ma i risultati dovevano fare da sfondo all'analisi del singolo caso, alla specificità del suo profilo neuropsicologico, alla storia individua-

le delle sue funzioni cerebrali, per le quali erano determinanti i particolari fattori sociali e culturali che avevano contribuito allo sviluppo psichico di quella persona.

Per Lurija, i casi clinici, tra i quali i più noti furono quello di un uomo la cui capacità di ricordare sconfinava nella patologia (*Malenkaja kniga o bolšoj pamjati* [Un piccolo libro su una grande memoria], 1968) e quello di un ex soldato sovietico cerebroleso seguito per decenni nel suo percorso riabilitativo (Figura 8.11) (*Poterjannyi i vozvraščennyi mir* [Un mondo perduto e ritrovato], 1971), non erano esemplificazioni di un quadro clinico più generale, ma la dimostrazione dell'individualità dell'organizzazione cerebrale. Una lesione in una stessa regione cerebrale avrebbe avuto un effetto molto diverso in funzione delle competenze e della professione del paziente, se era un musicista o se era un ingegnere. Non veniva distrutto solo un sottosistema cognitivo, ma veniva intaccata

#### FIGURA 8.11

Aleksandr R. Lurija (a destra) e il suo paziente più famoso L. S. Zaseckij, il cui caso fu descritto nel libro *Un mondo perduto e ritrovato* (1971). Zaseckij, che aveva perduto varie funzioni cognitive a seguito di una lesione cerebrale procuratasi in guerra, fu analizzato e seguito da Lurija per circa quindici anni.





FIGURA 8.12

Le lettere e le cartoline di Lurija erano famose per la varietà dei francobolli, scelti per illustrare, soprattutto, l'arte e la cultura del suo paese, di cui era un profondo conoscitore. Si prodigava anche nel diffondere all'estero la psicologia russa, in un'epoca di chiusura dell'Unione Sovietica all'occidente (magari anche scrivendo per conto di amici e colleghi, come mostra la busta in basso, che ha come mittente Roza Vygotskaja, l'anziana vedova di Lev S. Vygotskij).

tutta la vita personale e sociale della persona. L'attenzione per la dimensione individuale aveva sicuramente origine nella prima fase della sua carriera scientifica, quando aveva studiato a fondo la psicoanalisi ed era divenuto lui stesso uno psicoanalista, segretario della Società psicoanalitica di Mosca (Mecacci, 2005a). Recentemente, lo psicoanalista Mark Solms (in particolare nel libro *Clinical studies in neuro-psychoanalysis*, 2000) ha proposto un'integrazione tra

la teoria psicoanalitica e la teoria di Lurija, anche in relazione a queste prime fasi delle ricerche cliniche e sperimentali (tentativo d'altra parte già illustrato da Lurija nel suo libro *The nature of human conflicts* del 1932). L'importanza del singolo caso si manifestava anche nell'approccio strettamente clinico che, secondo Lurija, doveva essere seguito nell'esame del paziente: un esame flessibile, rispettoso della personalità del paziente, il meno possibile legato all'adozione di test standardizzati.

Nel 1979, due anni dopo la morte di Lurija, fu pubblicato il libro *Jazyk i soznanie* [Lingua e coscienza; tradotto in inglese in modo fuorviante: *Language and cognition*]. Il tema centrale di questa ultima opera era per Lurija la caratteristica fondamentale della mente umana, la coscienza, secondo quanto aveva già affermato Vygotskij nel 1924 nella sua relazione sullo stesso tema. Per Lurija, come per Vygotskij, la coscienza non è un flusso di pensieri alla James oppure una sorta di metacognizione o attenzione focalizzata, come spesso si vede descritta nelle neuroscienze contemporanee. La coscienza è un sistema che pianifica e controlla le operazioni mentali e il comportamento attraverso la mediazione del linguaggio. Le sue basi cerebrali sono nei lobi frontali, la struttura corticale che è presente, in particolare, nel cervello umano e che si sviluppa nei primi anni di vita del bambino interconnettendosi progressivamente con tutte le altre strutture cerebrali già attive. Le lesioni dei lobi frontali, una delle condizioni neuropsicologiche più studiate da Lurija, non disturbano tanto l'elaborazione dell'informazione o l'esecuzione delle risposte motorie, quanto il coordinamento di tutti i processi mentali e la produzione di attività comportamentali adeguate. Questa concezione trova oggi un'ulteriore conferma nelle ricerche sulla specializzazione funzionale dei neuroni della corteccia frontale (in particolare, i neuroni specchio), che sono implicati nei processi di anticipazione e pianificazione del comportamento all'interno dei rapporti interpersonali.