

# Percezione è movimento, movimento è percezione

Salvatore Leonardi

## Abstract

In questo articolo, la funzione dei neuroni recettivi e dei neuroni di elaborazione viene differenziata dalla funzione dei circuiti neurali. I primi, interni ai circuiti stessi, raccolgono le informazioni sensoriali e le elaborano per costruire “oggetti” ben strutturati spazialmente e temporalmente e variabili per intensità. Tali oggetti sono le componenti modali dei sistemi sensoriali: caldo/freddo, liscio/ruvido, verde, tavolo, suono, ecc. immobili o in movimento. I circuiti neurali percettivi e motori, invece, hanno la funzione di *posizionare* ordinatamente nello *spazio* e nel *tempo* tali “oggetti”. Questo processo di posizionamento, reiterandosi ordinatamente nello spazio e/o nel tempo determina *raggruppamenti* e *riempimenti*, che danno origine ai “blocchi”, ossia costrutti significativi di oggetti raggruppati nello spazio e/o nel tempo e memorizzati. Tali blocchi sono ripartiti in *mappe*, memorizzate nelle *aree posteriori* della corteccia cerebrale e *dinamismi*, memorizzati nelle aree anteriori della corteccia cerebrale. Tra i dinamismi ricordiamo la funzione di *scelta*. La funzione di posizionamento si realizza attraverso quattro distinti processi: di *anticipazione*, di *programmazione* di *esecuzione* e di *verifica*. Le mappe si ripartiscono in mappe di anticipazione o modali e mappe di programmazione o spazio-temporali. Danni alle mappe modali generano disturbi nel riconoscimento dello stimolo, agnosia associativa, aprassia ideativa, afasia di Wernicke; danni alle mappe spazio-temporali danno luogo a disturbi nella percezione dello stimolo, agnosia appercettiva, aprassia ideomotoria e disturbi parietali nel linguaggio. L’anticipazione consta di due funzioni: 1) la *preattivazione inconscia* di dati memorizzati generati da una percezione cosciente; 2) la *selezione* di uno tra questi dati preattivati. La preattivazione riguarda “mappe” e “oggetti”. La selezione può realizzarsi sulle mappe (movimento e percezione) o sugli oggetti (rappresentazione mentale). La memoria di un circuito in cui sono selezionate mappe è la “memoria procedurale”. Dopo il posizionamento iniziale è possibile reiterare lo stesso processo (*metaposizionamento*). Ciò consente di realizzare le correlazioni linguistiche, le relazioni spaziali, temporali e le classificazioni.

## Keyword

Circuito percettivo-motorio, posizionamento, focalizzazione, percezione, anticipazione, programmazione, esecuzione, verifica, preattivazione, scelta, blocco, mappe modali, mappe spazio-temporali, memoria procedurale, metaposizionamento, struttura superficiale, struttura profonda, relazione.

## Introduzione

Quando ci soffermiamo sul funzionamento del cervello possiamo procedere in due distinti modi. Il primo consiste nell’analizzare la funzione di singoli neuroni o di popolazioni di neuroni all’interno

di vari circuiti neurali. Il secondo percorso è più generale rispetto al primo e consiste nell'analisi delle funzioni di questi circuiti neurali stessi.

La funzione dei neuroni recettivi e dei neuroni di elaborazione che agiscono all'interno dei circuiti è quella di costruire "oggetti" ben strutturati spazialmente e temporalmente e variabili per intensità. Tali oggetti sono le componenti modali dei sistemi sensoriali: caldo/freddo, liscio/ruvido, verde, tavolo, suono, ecc. immobili o in movimento.

I circuiti percettivo-motori hanno come funzione primaria quella di *posizionare ordinatamente nello spazio e nel tempo* tali oggetti. Tale posizionamento si configura come un duplice processo di *raggruppamento* e di *riempimento*. Il risultato di questo duplice processo sono i "blocchi", ovvero "costrutti unitari significativi"

## **1) I processi di elaborazione**

La prima funzione è ben documentata da vari studi che fin dai primi anni sessanta del secolo scorso hanno chiarito come l'informazione dei recettori sensoriali, organizzata spazialmente e ripartita in numerose vie, sia elaborata nel suo percorso verso le aree primarie e all'interno delle aree primarie stesse. Di tali processi di elaborazione ne ricordiamo, in questa sede, solo alcuni. Iniziamo con la funzione subcorticale dei nuclei di ritrasmissione

### **a) I nuclei di ritrasmissione**

I neuroni che raccolgono direttamente le informazioni provenienti dall'esterno sono chiamati "recettori sensoriali". Ogni recettore sensoriale ha un proprio "campo recettivo", che è costituito dallo spazio recettivo entro cui si trova e del quale provvede alla trasduzione degli stimoli. I neuroni che fungono da recettori convergono su neuroni di secondo ordine e a loro volta questi neuroni entrano in contatto con neuroni di terzo ordine e questi, a loro volta, con neuroni di ordine superiore.

A livello sottocorticale, prima cioè che i segnali giungano alle aree percettive primarie della corteccia, le informazioni sono trasmesse da neuroni di ordine inferiore a neuroni di ordine superiore a livello dei "nuclei di ritrasmissione". Tutti i neuroni dei nuclei di ritrasmissione possiedono un campo recettivo che dipende dalle afferenze che direttamente o indirettamente giungono dai "recettori sensoriali". Tuttavia, i campi recettivi dei neuroni di ordine superiore sono più grandi e più complessi di quelli che fungono da recettori.

Mentre i campi recettivi dei recettori sensoriali sono semplici e solo eccitatori, i campi recettivi dei neuroni dei nuclei di ritrasmissione possiedono di norma zone eccitatorie e zone inibitorie. L'aggiunta di una zona inibitoria al campo recettivo costituisce un importante meccanismo per aumentare il contrasto tra gli stimoli e quindi fornisce ai sistemi sensoriali l'opportunità di aumentare il loro potere di "risoluzione spaziale" (Martin 1994).

### **b) La posizione spaziale della sorgente sonora**

L'elaborazione delle informazioni sensoriali procede, come già detto, anche in ambito corticale. Nella corteccia primaria uditiva il cervello utilizza, per determinare la posizione spaziale della sorgente sonora, le differenze di tempo con cui i suoni giungono alle due orecchie. La frequenza ed il tempo sono codificati da vie disposte in parallelo. Nella corteccia uditiva primaria, frequenza e tempo sono mappati lungo assi disposti ortogonalmente al fine di determinare la successione temporale degli stimoli acustici isofrequenti. Sulla base di queste differenze di tempo si determina la posizione della sorgente sonora (Kelly 1991a).

### **c) La forma degli oggetti**

Un ulteriore esempio di elaborazione dell'informazione a livello della corteccia primaria, in questo caso quella visiva, ci viene dagli studi di Hubel e Wiesel (1968) relativi alla "corteccia visiva primaria". Questi due autori riuscirono a chiarire in che modo percepiamo la "forma degli oggetti". Nella corteccia visiva primaria vi sono colonne neuronali deputate alla percezione di segmenti variamente orientati. Si tratta delle colonne di orientamento. Esse sono disposte in modo tale che esiste nella corteccia visiva primaria una rappresentazione corticale per qualsiasi asse di orientamento e per qualunque localizzazione retinica. Queste colonne sono inoltre organizzate in ipercolonne. In tal modo le forme degli oggetti che cadono all'interno del campo visivo su cui volgiamo l'attenzione, attivano a livello neuronale l'insieme delle colonne che codificano quelle stesse forme.

Alle colonne di orientamento giungono stimoli provenienti da neuroni la cui caratteristica è quella di avere un'organizzazione centro/periferia. Si tratta di cellule a campo recettivo concentrico. Esse possono essere suddivise in due gruppi: cellule "centro on" e cellule "centro off". Raccogliendo le informazioni di questa tipologia di neuroni, le cellule presenti nelle colonne di

orientamento possono sintetizzare i vari segmenti che determinano la forma degli oggetti (Mason & Kandel 1991).

#### **d) La percezione visiva del movimento**

Un altro meccanismo neuronale dell'area visiva primaria è stato utilizzato per spiegare la percezione visiva del movimento. In questo caso siamo in presenza di un meccanismo su base spazio-temporale. Alcune cellule della corteccia visiva primaria registrano rapide variazioni di intensità luminosa nel tempo. L'organizzazione retinotopica di tali cellule fa sì che in ogni punto dello spazio visivo vi siano popolazioni di neuroni che si attivano al variare rapido della luminosità. Questa organizzazione spazio-temporale è alla base della percezione del movimento (Kelly 1991b).

Possiamo quindi affermare che a livello mentale, l'oggetto che ci appare davanti ben strutturato, è il risultato di un complesso processo costruttivo. Questo processo inizia con i recettori sensoriali e si conclude nelle aree percettive primarie. Tutto ciò che tocchiamo, ascoltiamo, guardiamo, ecc., viene costruito dalla mente in frazioni di secondo ed è proprio questa rapidità che ci dà l'illusione di una "realtà" ben formata che ci circonda. Ogni "oggetto" risulta organizzato relativamente allo spazio, alla durata e all'intensità.

## **2) I circuiti percettivo-motori**

### **a) Funzione primaria di un circuito percettivo-motorio**

Non esistono circuiti motori tout court, come non esistono circuiti percettivi tout court. Ogni atto motorio include componenti percettive ed ogni atto percettivo include componenti motorie. Il movimento, infatti, comprende certamente tre componenti: la programmazione motoria, la contrazione/distensione dei muscoli, le sensazioni somatosensitive e posizionali inviate dai recettori cutanei e dai fusi neuromuscolari.

La programmazione motoria organizza il movimento che viene eseguito dalla corteccia motrice primaria attraverso l'attivazione dei motoneuroni. Essi innervano i muscoli che si contraggono e si distendono sulla base degli input ricevuti. I fusi neuromuscolari e i recettori periferici della cute inviano alla corteccia somatosensitiva primaria informazioni sulla posizione dei distretti corporei e sulla loro presenza. Queste informazioni sono trasmesse alle aree preposte alla programmazione (corteccia premotoria).

La programmazione del movimento, però, non avviene sulla base delle informazioni provenienti dagli organi periferici, bensì sulla base di un'ipotesi sulla *loro posizione*. Consideriamo, per esempio, l'atto motorio del camminare. Quando il bambino impara a camminare, egli cerca di muovere i suoi primi passi mantenendo la posizione eretta e il corpo in equilibrio. Possiamo affermare che il camminare del bambino consiste nel *posizionare* nello spazio gli arti inferiori in ordine temporale, cioè prima uno e poi l'altro.

Questa consapevolezza posizionale degli arti inferiori che accompagna il movimento istante per istante è di tipo sensoriale. Però, se fosse la consapevolezza posizionale degli arti inferiori in arrivo dai recettori periferici a guidare la programmazione motoria, il movimento sarebbe lento. Invece è l'ipotesi di questa consapevolezza a determinare la programmazione motoria. Le informazioni in arrivo *dopo* la contrazione/estensione dei muscoli *verificano* la validità di questa ipotesi posizionale. L'ipotesi consta di due componenti: la “consapevolezza degli arti inferiori”, ovvero “che cosa” sono gli arti inferiori, e la “consapevolezza della loro posizione”, ovvero “dove” saranno posizionati. Si tratta di una consapevolezza implicita che sarà resa cosciente durante il movimento stesso dalle informazioni modali e spazio-temporali in arrivo dai recettori sensoriali. Chiamiamo “anticipazione” il processo che *include* l'ipotesi modale (che cosa). Chiamiamo “programmazione” il processo che *include* l'ipotesi posizionale.

La maggiore difficoltà che incontra il bambino non sta nella programmazione motoria ma nell'integrazione tra *anticipazione* e *programmazione*. Le gambe, i piedi, nonché il duro/molle del pavimento sono costruiti istante per istante dai neuroni di elaborazione; compito del circuito percettivo-motorio è quello di *posizionarli* nello spazio in ordine temporale.

## **b) Unicità di funzione dei circuiti**

L'idea che sta alla base di questo saggio è che il processo di “focalizzazione” è da intendersi come un “movimento”. Ciò è evidente con la “focalizzazione visiva” e con la “focalizzazione tattile” realizzate la prima dal circuito oculomotore, la seconda dal movimento del corpo. Meno evidente è l'atto motorio che sta alla base della focalizzazione uditiva o olfattiva. È risaputo, però, che gli animali che utilizzano l'olfatto per il riconoscimento muovono il capo in più direzioni e inalano l'aria con precisi movimenti volontari.

Anche la “percezione uditiva” si accompagna a movimenti del capo che favoriscono la focalizzazione del suono. Se ascoltiamo il saluto “ciao”, per poterlo “percepire” occorre “focalizzarlo”. Essendo il processo di focalizzazione un movimento, esso si configura come un

posizionamento. In questa circostanza il posizionamento avviene lungo l'asse temporale. Il posizionamento è realizzato dal circuito percettivo motorio dell'udito, il suono è costruito in tempo reale dai recettori sensoriali e dai neuroni di elaborazione. Anche in questo caso c'è un'anticipazione modale, una programmazione motoria, l'esecuzione e la verifica.

L'architettura che sta alla base del camminare è analoga a quella che sta alla base dell'ascoltare. L'unica differenza consiste nella tipologia di movimento. Quando camminiamo il movimento è realizzato dalla corteccia motrice primaria attraverso i motoneuroni che innervano i muscoli; quando ascoltiamo il movimento consiste in "focalizzazioni" ordinate nel tempo (Fig. 1).

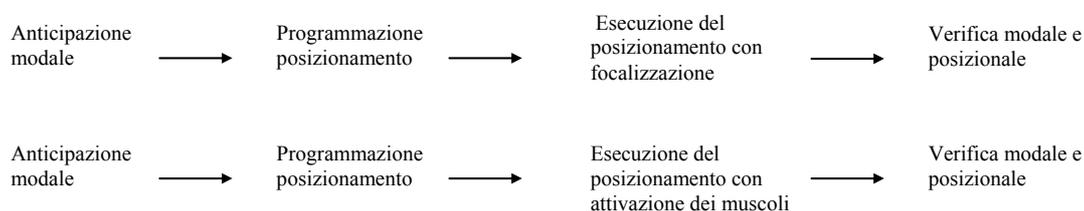


Figura 1. Architettura del processo di ascolto (in alto) e del processo di camminare (in basso)

Lo stesso avviene con la percezione visiva attraverso il circuito oculo-motore. Se percepiamo due quadri in una parete è il movimento oculare che "posiziona" i due oggetti nello spazio, oggetti costruiti dai recettori sensoriali e dai neuroni di elaborazione.

### c) Atto motorio e percezione

È ipotesi accreditata che l'atto motorio è diverso dalla percezione, ma a ben riflettere si può constatare che non è così. Quando muoviamo un braccio i neuroni di elaborazione costruiscono in tempo reale l'oggetto (il braccio) che il circuito motorio posiziona. Questo processo avviene grazie alle informazioni provenienti dai recettori sensoriali e dai fusi neuromuscolari. Senza queste informazioni il circuito non avrebbe alcunché da posizionare. I neuroni di elaborazione, infatti, sono interni al circuito motorio stesso e la costruzione somatosensitiva del braccio avviene di pari passo con l'atto motorio stesso. A riprova di ciò è il fatto che lesioni alla corteccia somatosensitiva

primaria (dove si completa la costruzione dell'oggetto) impediscono l'esecuzione corretta dei movimenti (Kandel & Jessel 1991).

Nella percezione avviene la stessa cosa. I neuroni di elaborazione costruiscono l'oggetto e il circuito motorio lo posiziona. Anche nella percezione, i neuroni di elaborazione sono interni al circuito motorio stesso e senza di essi il circuito si inceppa non avendo alcunché da posizionare (Kandel & Jessel 1991).

#### **d) L'organizzazione della corteccia visiva primaria**

In qualsivoglia ambito modale il processo di focalizzazione può riguardare “presenziati” ed “oggetti”. I presenziati, termine che è stato introdotto da Ceccato (1964) e ripreso da Vaccarino (1988), sono il caldo/freddo, il liscio/ruvido, il verde, ecc. Relativamente ai presenziati, con il tatto possiamo focalizzare il “duro/molle”, il “liscio/ruvido”, ecc; con l'udito possiamo focalizzare l'“acuto/grave”, il “piano/forte”, ecc.; con la vista possiamo focalizzare il “colore”, la “forma”, il “movimento/stasi”, la “grandezza”, il “chiaro/scuro”, il “trasparente/opaco”. Per quanto riguarda gli oggetti, con la vista possiamo focalizzare la “foglia”, il “tavolo”, ecc.; con l'udito possiamo focalizzare le “parole”, le “melodie”, i “suoni”, ecc.; con il tatto possiamo focalizzare la “mela”, il “mouse”.

Tutto ciò implica che nelle cortecce percettive primarie vi sono più aree nelle quali si completa il processo di costruzione dei vari oggetti e presenziati che possono essere focalizzati. Chiamiamo queste aree: *aree di focalizzazione primaria*.

Consideriamo la corteccia visiva primaria. Come già detto, con la vista possiamo focalizzare un “oggetto” (anche una scena), per esempio una foglia, oppure ciascuna delle sue caratteristiche (presenziati): colore, forma, opacità, movimento (o stasi), grandezza chiaro/scuro. Quando focalizziamo la foglia, le sue caratteristiche sono viste, ma non percepite dettagliatamente. Per focalizzare il colore della foglia dobbiamo “spostare” gli occhi sul colore stesso. Lo stesso si può dire della percezione della forma o della grandezza. A rendere possibile ciò è l'organizzazione della corteccia visiva primaria. Le informazioni provenienti dai recettori sensoriali che codificano caratteristiche diverse dello stimolo viaggiano verso la corteccia visiva primaria lungo vie disposte in parallelo (Martin 1991).

Ogni caratteristica è, quindi autonoma rispetto alle altre e viene elaborata separatamente. Nella V1, disponendosi in strati diversi della stessa colonna, convergono i neuroni che codificano le diverse caratteristiche (Mason & Kandel 1991). L'area V1 è, quindi, probabilmente l'area di

“focalizzazione primaria” delle scene e degli oggetti. Grazie a quest’area, il circuito percettivo oculomotore può focalizzare scene ed oggetti nella loro interezza, comprendenti tutte le caratteristiche visive. L’oggetto selezionato è comprensivo di forma, colore, dimensione, opacità, grandezza, luminosità e stato (in quiete o in moto). L’oggetto selezionato è *percepito*, mentre le caratteristiche sono *viste*, ma non *percepite* (vedi sotto: “Rivalità binoculare”). Dall’area V1 i neuroni che elaborano le caratteristiche dell’oggetto proiettano e concludono il loro processo di elaborazione in aree diverse della corteccia visiva primaria. Per esempio i colori sono codificati nell’area V4, i vari tipi di movimento nelle aree MT e MST (l’area MT o mediotemporale e l’area MST o medio temporale superiore non sono considerate aree della corteccia visiva primaria. Esse, però, assolvono funzioni analoghe a quelle dell’area V4 e V1). L’area V4 è quindi area di focalizzazione primaria dei colori (*percepiti*) mentre le aree MT e MST sono aree di focalizzazione primaria dei movimenti (*percepiti*). Le aree di focalizzazione primaria della forma, della dimensione, del “trasparente opaco”, del “chiaro/scuro” sono da ricercare tra le aree V2, V3, V3a, ecc.

L’organizzazione di tutte le cortecce percettive primarie è simile all’organizzazione della corteccia visiva primaria. Ogni caratteristica dello stimolo è elaborata separatamente e parallelamente rispetto alle altre caratteristiche. Nelle cortecce primarie, per ciascuna focalizzazione che i circuiti percettivi/motori riescono a realizzare, è presente un’area di focalizzazione primaria.

#### **e) La rivalità binoculare e la percezione cosciente**

La rivalità binoculare è un fenomeno che consente, in particolari condizioni, di *vedere* con un occhio un oggetto che è diverso da quello *visto* con l’altro occhio. In questa circostanza, con il prevalere dell’uno o dell’altro occhio, si può osservare un’alternanza della *percezione cosciente* di due oggetti. Quando prevale l’occhio sinistro il soggetto *percepisce* quello che quest’occhio *vede*; ciò che è *visto* dall’altro occhio non viene *percepito*. Al contrario quando prevale l’occhio destro è la *visione* di quest’ultimo che raggiunge la coscienza ed il suo oggetto *viene percepito*.

Attraverso ingegnosi studi sulla scimmia, sfruttando questo fenomeno, ricercatori hanno registrato la risposta di neuroni sensibili allo stimolo in due condizioni: 1) stimolo *visto* ma non *percepito*; 2) stimolo *percepito*. Lo stimolo è *visto* quando neuroni dell’area visiva primaria, sensibili a questo stimolo, scaricano. Lo stimolo è anche *percepito* quando la scimmia reagisce ad esso. La reazione dell’animale implica la percezione cosciente. I risultati sono stati sorprendenti. Registrando l’attività dell’area visiva MT/V5, dove le cellule tendono ad essere responsabili del

movimento, Leopold e Logothesis (1996) hanno evidenziato che soltanto il 43 per cento delle cellule di quest'area cambiava livello di attività nel passaggio da una condizione (stimolo percepito) all'altra (stimolo visto ma non percepito). In altre parole solo il 43 per cento dei neuroni sensibili allo stimolo in quest'area risponde ad una percezione cosciente. Una percentuale maggiore risponde agli stimoli a cui è sensibile indipendentemente dal fatto che essi arrivino alla coscienza, siano cioè percepiti. Dati analoghi sono stati riscontrati nell'area V4. In quest'area la percentuale di cellule la cui attività rifletteva la percezione era simile a quella riscontrata in MT/V5: circa il 40 per cento. In V1 ed in V2 meno del 10 per cento era sensibile allo stimolo più efficace. Al contrario, nella corteccia temporale inferiore, la risposta della maggior parte dei neuroni, circa il 90 per cento, è legata alla percezione, come dimostrano le ricerche di Leopold et al. (1996).

A questi dati vanno aggiunti i risultati conseguiti da Lumer et al. (1998) della University College di Londra nello studio dei segnali visivi che raggiungono la coscienza, vengono cioè percepiti. Essi, usando la fMRI, hanno dimostrato che negli esseri umani il lobo temporale è attivato durante l'esperienza cosciente di uno stimolo, come accade nelle scimmie, ma che altre regioni, come le aree corticali parietali e prefrontali, sono attivate soltanto nel momento in cui un soggetto riferisce che lo stimolo cambia.

#### **f) Architettura dei circuiti percettivo-motori**

Estendendo queste considerazioni alle altre modalità sensoriali (udito, tatto, gusto, olfatto), si può affermare che la funzione di anticipazione modale e di programmazione motoria avviene anche attraverso un'opera di filtraggio delle informazioni provenienti dalle aree primarie. La mente, infatti, "decide" "cosa" deve essere percepito tra le varie opzioni modali. Sulla base di questa "decisione" si attiva la programmazione del posizionamento di quello specifico oggetto.

Come vedremo più avanti, la selezione agisce su dati che non provengono direttamente dai recettori sensoriali, bensì da informazioni memorizzate, che si attivano automaticamente dopo una percezione cosciente. Il circuito percettivo motorio, quindi, è anche un circuito di selezione di informazioni. La selezione, interna all'anticipazione avviene sulle componenti mnestiche che si attivano dopo la percezione cosciente (Fig. 2).

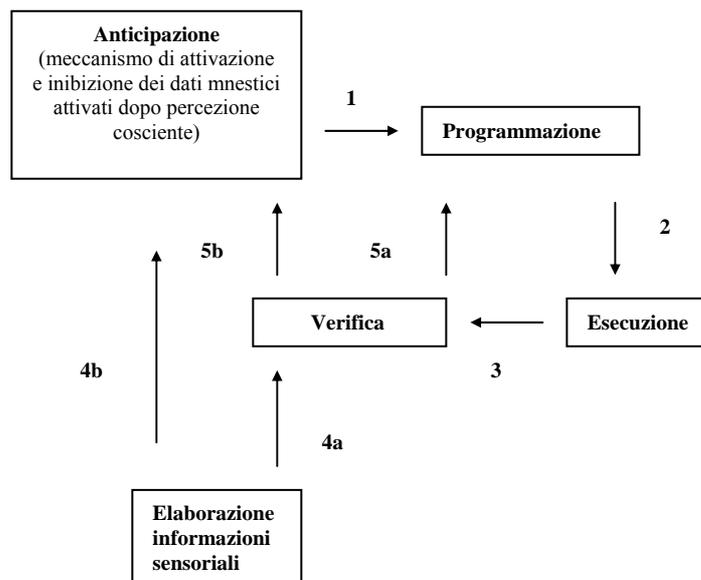


Figura 2. Struttura del circuito percettivo motorio

### g) Mappe modali, mappe spazio-temporali e dinamismi

Abbiamo già detto che la funzione primaria dei circuiti percettivo-motori è quella di focalizzare i vari oggetti e che tale focalizzazione consiste in un “posizionamento” nello spazio e/o nel tempo. Come vedremo più avanti il posizionamento degli oggetti si configura come un raggruppamento (o riempimento) in “blocchi” significativi. I blocchi sono costruiti da circuiti. La memoria dei blocchi è quindi memoria circuitale.

Nelle aree associative posteriori sono memorizzate *mappe modali* e *mappe spazio-temporali* di tali blocchi, che, infatti, avvengono nello spazio e/o nel tempo. Tali mappe (costituiti da popolazioni di neuroni) sono collegate alle aree di focalizzazione primaria, ad aree prefrontali e premotorie. Le aree anteriori realizzano le funzioni di anticipazione e di programmazione utilizzando mappe modali (anticipazione) e spazio-temporali (programmazione).

L’anticipazione e la programmazione possono essere considerati dei “dinamismi”. Si tratta, infatti, di processi. Abbiamo, quindi, due dinamismi: di anticipazione e di programmazione. La *scelta* è un dinamismo dell’anticipazione. Altri dinamismi dell’anticipazione sono il *recupero* ed il *mantenimento in presenza*. È inoltre plausibile che vi siano altri dinamismi delle aree anteriori.

Per quanto riguarda i dinamismi della programmazione essi sono funzionali al movimento ed alla focalizzazione. Ciò che è scelto o recuperato è successivamente programmato all’atto motorio o alla focalizzazione. Al *mantenimento in presenza* concorre la programmazione stessa.

### 3) L'oggetto

#### a) L'oggetto e le sue caratteristiche

Il primo "oggetto" ad essere posizionato è quello che costituisce il contesto. Di solito, a livello visivo, si tratta di una scena, per esempio una stanza. Partiamo, per semplificare il discorso, da una foglia posizionata rispetto ad un ramo. Se dopo la foglia ne focalizziamo il colore verde, lo posizioniamo in ordine spaziale rispetto alla foglia, la stessa cosa facciamo se focalizziamo la forma, il chiaro/scuro, ecc. Si immagini di prendere il colore dall'area di focalizzazione primaria e di posizionarlo in modo spazialmente ordinato rispetto alla foglia (vista nell'insieme); di ripetere lo stesso procedimento con la forma, con l'opacità, con lo stato (di quiete). Questa serie di attività dà origine ad un "blocco" comprendente l'oggetto e le sue caratteristiche. Esso si configura come un "blocco significativo". Infatti, le caratteristiche sono parte integrante dell'oggetto stesso.

Il risultato di questo posizionamento è che noi abbiamo la consapevolezza che forma, colore, opacità, stato, siano caratteristiche della foglia (vista nel suo insieme). Gli spazi, infatti, ci appaiono coincidere. Questa serie di focalizzazioni genera due mappe - una, modale di anticipazione, l'altra, spazio-temporale di programmazione - relative alla foglia ed alle sue caratteristiche.

Le mappe modali riguardano la *via ventrale* (del "che cosa"), mentre le mappe spazio-temporali concernono la *via dorsale* (del "dove") (Livingston e Hubel 1988). La mappa modale, ossia quella di anticipazione, è quindi localizzata nella corteccia infero-temporale, area in cui proiettano le informazioni della *via ventrale* provenienti dalla corteccia visiva primaria; la mappa spazio-temporale, cioè quella di programmazione, è memorizzata nella corteccia parietale, area in cui proiettano le informazioni della *via dorsale* provenienti dalla corteccia visiva primari. (Ungerleider e Mishkin 1982).

Se noi percepiamo la foglia nel suo insieme, le informazioni sensoriali che provengono dalla V1, quando giungono nella corteccia infero-temporale attivano la mappa modale che lega l'oggetto foglia con i presenziati "verde", forma, opacità, ecc. Per tale motivo la percezione della foglia, nel suo insieme, accende gli altri "presenziati" ed è come se percepiamo con una singola fissazione anche le caratteristiche della foglia stessa, che in un attimo sono riconosciute. Siamo in grado di colorare di verde il disegno di una foglia in bianco e nero, proprio perché nella corteccia infero-temporale (Luzzatti e Davidloff (1994) è memorizzata la mappa modale dell'oggetto foglia e del presenziato verde.

Quando percepiamo la foglia nel suo insieme, le informazioni sensoriali che provengono dalla corteccia visiva primaria, giungono nella corteccia parietale. Tali informazioni, attivano la mappa spazio-temporale che lega lo spazio della foglia con lo spazio del colore, della forma, ecc. In una frazione di secondo i legami spaziali e temporali tra l'oggetto, le caratteristiche ed il contesto in cui sono inseriti, si attivano automaticamente.

La mappa di programmazione, inoltre è la mappa spazio-temporale che consente l'*esecuzione* dei posizionamenti nello spazio. Essa supporta la memoria esecutiva della corteccia motrice primaria. Senza la mappa di programmazione il posizionamento degli oggetti non si realizza in modo corretto.

### **b) L'oggetto e le sue componenti**

Possiamo ripartire gli "oggetti" in due categorie. "Oggetti semplici" ed "oggetti complessi". Gli "oggetti semplici" comprendono soltanto le "caratteristiche". Gli "oggetti complessi" comprendono altri "oggetti". Quasi tutti gli oggetti che si presentano alla nostra vista sono "oggetti complessi"; si tratta, cioè di oggetti che ne comprendono altri. Una foglia, infatti, non è formata soltanto dall'"oggetto" foglia e dalle sue caratteristiche (colore, forma, ecc.); della foglia fanno parte il gambo, le venature, ecc. Gambo e venature sono *componenti* dell'"oggetto complesso" foglia.

Anche le componenti di un oggetto visivo sono posizionate nello spazio tramite focalizzazione. Tale posizionamento avviene con le stesse modalità con cui avviene il posizionamento delle caratteristiche.

La memoria spazio-temporale acquista particolare importanza nell'oggetto complesso. Nell'oggetto semplice, infatti, gli spazi tra l'oggetto e le caratteristiche spesso coincidono. Nell'oggetto complesso, invece i vari oggetti che ne formano le componenti occupano spazi diversi. Dinanzi all'immagine di una foglia, se ne vogliamo disegnare il gambo dobbiamo averne memorizzata la posizione rispetto al corpo della foglia; lo stesso si può dire delle venature. L'attivazione automatica dei legami spazio-temporali tra l'oggetto complesso e le componenti ci consente di "riconoscere" istantaneamente la loro "posizione" reciproca.

### **c) Mappe ed oggetti**

Parliamo di mappe di "anticipazione" in quanto esse "anticipano" le componenti modali (via del "che cosa") provenienti dalle aree di focalizzazione primaria, che giungeranno una frazione di

secondo “dopo”. Tali mappe si caratterizzano per il fatto che sono più *general*i rispetto alle componenti modali.

Consideriamo il volto. Nella corteccia inferotemporale sono memorizzate le mappe di volti in generale, visti in diverse posizioni: di fronte, di profilo, da molteplici angolazioni (Desimone 1991). La memoria di uno specifico volto, per esempio del mio amico Giovanni, è l’associazione tra la mappa di anticipazione e il relativo costrutto dell’area di focalizzazione primaria. È proprio nell’area di focalizzazione primaria, infatti, che si completa la costruzione dell’oggetto specifico. Analogamente si può fare con la “forma”, il “colore”, ecc.

La programmazione dipende dall’anticipazione. L’anticipazione si può considerare come l’obiettivo finale cui tende la programmazione motoria. Anticipo il volto posizionato (in generale) e programmo la focalizzazione necessaria a questa percezione anticipata.

Anche la mappa di programmazione spazio-temporale, analogamente alla mappa di anticipazione modale, è *generale* rispetto alle specifiche “elaborazioni” spazio-temporali provenienti dalla V1. È proprio questa differenza tra mappe generali (modali e spazio-temporali) e “costrutti” delle aree di focalizzazione primaria a determinare il tipo di riconoscimento.

Il *riconoscimento* può essere generale o individuale. Guardando un volto possiamo riconoscere una “persona” (in generale) o Francesco (individuale). Il diverso riconoscimento dipende da quanti componenti e/o caratteristiche sono associati alle mappe che si attivano automaticamente. Quando incontriamo una “persona” e ne percepiamo il volto, la mappa degli occhi che si attiva automaticamente non è associata nella corteccia visiva primaria ad una specifica forma, ad uno specifico colore, ecc. Si attivano semplicemente le mappe che forniscono un’informazione generale. Con l’osservazione reiterata di questa persona a ciascuna mappa si associa uno specifico componente e/o presenziato che saranno attivati con la loro mappa, in un successivo incontro. In questa seconda circostanza il riconoscimento sarà individuale.

Lo stesso avviene per le “posizioni” spazio-temporali. Quando osservo il volto di una persona, si attivano automaticamente le mappe spazio-temporali relative alla posizione degli occhi, della bocca, ecc. Tali mappe non sono associate ad alcuna elaborazione spazio-temporale dell’area visiva primaria. Il riconoscimento posizionale è generale; non riguarda il volto specifico. Dopo reiterate osservazioni, le mappe spazio-temporali si associano a specifiche posizioni elaborate dall’area primaria. In un successivo incontro, la percezione del volto attiva non solo le mappe, ma anche i costrutti dell’area primaria. In questa circostanza, le *posizioni* dei componenti di quello specifico volto saranno riconosciute.

Le mappe spazio-temporali ci consentono di riconoscere “oggetti” che abbiamo memorizzato sulla base della loro posizione. È questo il caso, per esempio, degli organi e delle parti del corpo umano. Ricordiamo a tal proposito l'autotopoagnosia che si manifesta dopo lesioni al lobo parietale sinistro (Denes 1996).

#### **4) Raggruppamento e riempimento**

##### **a) Raggruppamento**

Supponiamo di osservare una luce che, analoga ad un semaforo, alterna i colori:

verde → giallo → rosso

Durante la percezione noi posizioniamo le tre luci colorate ad una ad una nel tempo:

anticipazione verde → programmazione verde → focalizzazione verde → verifica verde; anticipazione giallo → programmazione giallo → focalizzazione giallo → verifica giallo; anticipazione rosso → programmazione rosso → focalizzazione rosso → verifica rosso.

Dopo alcuni secondi, però, la sequenza è memorizzata. Si ottiene:

anticipazione verde, giallo, rosso → programmazione verde, giallo, rosso → focalizzazione verde, giallo, rosso → verifica verde, giallo, rosso.

Come si può notare dall'esempio, per memorizzare la sequenza temporale non basta posizionare nel tempo gli oggetti, ma occorre raggrupparli, generando un “blocco”. Il raggruppamento si realizza attraverso l'anticipazione, la programmazione e la focalizzazione. Per raggruppare i tre colori è necessario anticipare e programmare una focalizzazione che mantiene l'attenzione fissa sulla sorgente luminosa per tutto il tempo in cui il verde, il giallo ed il rosso si susseguono. In tal modo noi anticipiamo il susseguirsi dei tre colori, lo programiamo, ne realizziamo la focalizzazione e la verifichiamo.

La memoria dei blocchi è circuitale. Ciascun componente del circuito partecipa con le sue funzioni a questo processo di costruzione dei blocchi e ne memorizza la parte di sua competenza. Le mappe modali sono mappe unitarie in cui sono memorizzate: l'accensione del verde, l'accensione del giallo, l'accensione del rosso, l'accensione del verde, giallo, rosso. Il dinamismo di anticipazione (corteccia prefrontale)

memorizza il recupero e la scelta (vedi più avanti) tra le varie opzioni preattivate nelle mappe modali. Le mappe spazio-temporali memorizzano i rapporti spazio-temporali tra le singole unità delle mappe modali (accensione del verde, del giallo e del rosso). Tali mappe consentono il frazionamento *temporale* dell'unità modale. Senza di esse il *blocco unitario* dell'accensione dei colori non potrebbe essere costituito da una *sequenza temporale* di *tre* colori. Il dinamismo di programmazione divide in tre sequenze temporali (grazie alle mappe temporali) la focalizzazione.

La mente nel raggruppare non agisce casualmente ma sulla base dei significati. Gli “oggetti” sono raggruppati quando il “blocco” che si forma è significativo. Ritorniamo all'esempio della luce che accende ad intermittenza tre colori. Non avremmo alcun vantaggio nell'agire quotidiano se effettuassimo il raggruppamento dei tre colori in una lampada vista in un negozio. È vantaggioso, però, raggruppare i tre colori del semaforo che si accendono ad intermittenza. Questo “blocco”, infatti ci consente di anticipare il sopraggiungere del verde o del giallo o del rosso ed agire di conseguenza. In questa circostanza il “blocco” è significativo ed è chiamato “le luci del semaforo” (Fig. 3).

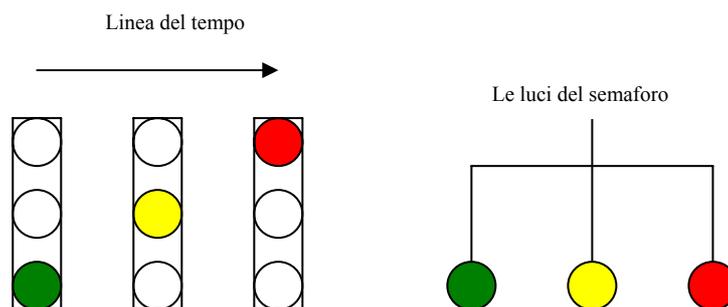


Figura 3. Raggruppamento lungo la linea del tempo delle luci del semaforo

La memorizzazione di raggruppamenti lungo l'asse del tempo è frequente. Si pensi ai giorni della settimana, alle stagioni dell'anno o ai mesi dell'anno (Fig. 4).

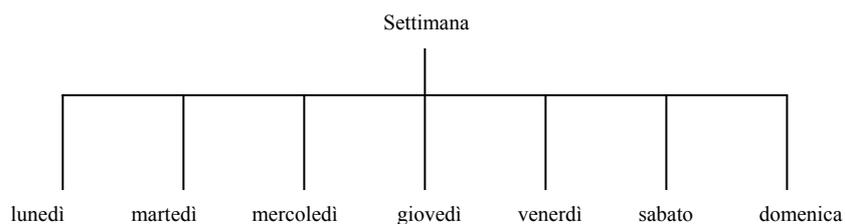


Figura 4. Raggruppamento lungo la linea del tempo dei giorni della settimana

## **b) Riempimento**

In ambito visivo esiste la possibilità di focalizzare una scena con un'unica fissazione. Il posizionamento della scena è seguito dal posizionamento dei singoli oggetti presenti che sono percepiti più dettagliatamente. Questo processo possiamo chiamarlo processo di “riempimento”. La focalizzazione della scena concerne i vari oggetti (visti, ma non percepiti), le successive focalizzazioni posizionano gli oggetti all'interno della scena, riempiendola.

Ambedue i processi di raggruppamento e di riempimento altro non sono che due modi diversi di posizionare gli oggetti costruiti dai neuroni di elaborazione.

Quando osserviamo un oggetto con le sue caratteristiche e le sue componenti, la mente utilizza i due processi di riempimento e di raggruppamento per rendere dettagliato l'oggetto.

## **c) Gruppi e sottogruppi**

Ritorniamo all'esempio delle luci del semaforo. Dopo aver posizionato i tre colori, possiamo, con un'unica fissazione che si protrae nel tempo, raggruppare il verde ed il giallo, cui segue la percezione del rosso. In questa circostanza si realizzano due blocchi, il primo formato dalla sequenza dei colori “verde – giallo”; il secondo costituito dalla sequenza del blocco “verde – giallo” e del colore “rosso” [(verde – giallo) – rosso]. Il blocco (verde – giallo) è un *sottogruppo* del blocco [(verde – giallo) – rosso].

Accade spesso che il posizionamento di “oggetti” che sono componenti di un “oggetto complesso” avvenga per sottogruppi. Consideriamo il caso del volto. Per memorizzare un volto spesso si utilizzano come sottogruppi: l'area degli occhi (comprendenti le ciglia, le palpebre, l'iride, e la pupilla) (Perret et al. 1987) e il muso (comprendente la bocca, i denti, il naso, il mento, ecc.).

## **d) Posizionamento**

I processi di posizionamento variano da individuo ad individuo ed alcuni sono più efficaci degli altri ai fini della memorizzazione. Accade così che alcune persone acquisiscano una tecnica così efficace da memorizzare un volto visto per poco tempo; altri non riconoscono persone con cui hanno conversato per ore. Si dice che i primi abbiano una memoria fotografica.

Una volta che un volto è stato memorizzato con le sue caratteristiche e le sue componenti, è possibile passare (posizionare) da una caratteristica all'altra, da una componente all'altra. Possiamo,

così, rappresentarci il volto di una persona a noi cara e poi da questo passare agli occhi, le labbra, ecc. Il numero di tali passaggi (posizionamenti) è considerevole e dipende da quante volte la stessa operazione di posizionamento è stata eseguita nel corso dell'esperienza.

Il raggruppamento e il riempimento concernono, ovviamente, anche le azioni. Prima di imparare a guidare la macchina, i tre gesti di abbassare la frizione, muovere la leva del cambio ed alzare la frizione erano anticipati, programmati, eseguiti e verificati uno alla volta; con l'esperienza i tre gesti sono raggruppati in un'unica azione. L'anticipazione, la programmazione, l'esecuzione e la verifica dei tre gesti avviene in un unico passaggio. Essi formano un blocco significativo: "cambiare di marcia".

## **5) Agnosia ed aprassia**

### **a) Agnosia appercettiva ed associativa**

Le funzioni del circuito percettivo-motorio di cui ci stiamo occupando in questo saggio spiegano abbastanza bene la dicotomia percezione – riconoscimento. Sims (1997) differenzia, per ogni ambito sensoriale, i "disturbi di percezione dello stimolo" dai "disturbi di riconoscimento dello stimolo". A mio avviso i disturbi di percezione dello stimolo concernono le mappe spazio-temporali e si originano da lesioni alla corteccia parietale; i disturbi di riconoscimento dello stimolo riguardano le mappe modali e si hanno dopo lesioni alla corteccia temporale (visione e udito).

La presenza di questi due livelli era stata ipotizzata già dai primi studiosi di neuropsicologia. Ad esempio, Lissauer (1890) distingueva il livello in cui sono analizzate le caratteristiche sensoriali dello stimolo e si ottiene una percezione strutturata, dal livello in cui la percezione, attivando la rete di conoscenze sulle caratteristiche fisiche, funzionali, e categoriali dello stimolo, ne permette l'identificazione (De Renzi 1996).

La compromissione del primo livello genera l'*agnosia appercettiva*, mentre la compromissione del secondo livello dà origine all'*agnosia associativa*. Secondo la nostra ipotesi, l'agnosia appercettiva è causata da un danno alle mappe spazio-temporali, mentre l'agnosia associativa è causata dalla compromissione della mappe modali.

Il mancato riconoscimento dei volti, per esempio, si può avere con danno alle mappe modali oppure con danno alle mappe spazio-temporali. A tal proposito ricordiamo che la prosopagnosia, ossia il deficit nel riconoscimento delle facce, può riguardare le facce note (anche la propria) e le facce sconosciute. I pazienti prosopagnosici per le facce note presentano lesioni alla corteccia

temporale (agnosia associativa); i pazienti che non riconoscono le facce sconosciute (viste ovviamente in due o più circostanze) presentano lesioni al lobo parietale (agnosia appercettiva) (Van Lancker e Carter 1982). Questi dati si spiegano facilmente considerando che la percezione di una faccia nota attiva automaticamente le mappe modali e gli oggetti associati. In tal modo avviene il riconoscimento immediato.

Se vediamo un volto e non lo riconosciamo immediatamente con le mappe modali, eseguiamo allora una serie di movimenti oculari che posizionano i vari oggetti (occhi, naso, fronte, ecc.); a questo punto, grazie alle mappe spazio-temporali, avviene il riconoscimento del volto sulla base della posizione delle componenti.

Nel caso in cui riconosciamo il volto da un dettaglio, sono le mappe modali ad aiutarci.

In generale possiamo dire che, se non celo consente la memoria di anticipazione, possiamo ricordare un oggetto, una scena, ecc. riposizionando con il movimento oculare gli oggetti, le caratteristiche e gli elementi.

## **b) Aprassia ideativa ed aprassia ideomotoria**

Abbiamo detto in precedenza che l'architettura dei circuiti adibiti alla percezione (movimento di focalizzazione) è analoga a quella dei circuiti funzionali al movimento basati sui motoneuroni. Per questo motivo le patologie della percezione e del movimento sono simili. Ricordiamo a tal proposito l'aprassia ideativa. Essa venne descritta originariamente da Pick (1902). I pazienti commettevano errori nell'uso di oggetti quotidiani che pur riconoscevano. Usavano le forbici come un cucchiaio e le mettevano in bocca, non erano in grado di accendere una candela, perché procedevano a tentoni col fiammifero spento attorno al candeliere (De Renzi e Faglioni 1996).

Un'altra forma di aprassia è l'aprassia ideomotoria. In genere i soggetti affetti da aprassia ideomotoria mostrano deficit nell'eseguire uno o più gesti richiesti dall'esaminatore.

De Renzi e Faglioni differenziano le due forme di aprassia sottolineando il fatto che l'aprassico ideomotorio sa quello che deve fare per realizzare il compito che gli è stato dato, ma fallisce quando deve trasformare il progetto ideativo in una serie di innervazioni appropriate, cioè non sa *come* fare; al contrario l'aprassico ideativo non riesce a rievocare il gesto da compiere, omette o inverte l'ordine delle azioni, compie con un oggetto movimenti che sono propri di un altro oggetto, cioè non sa *cosa* fare. Consideriamo l'azione di accendere una candela. Essa è data da una sequenza di gesti ordinati nel tempo: accendere il fiammifero strofinandolo contro la scatola → accendere la candela. Ai fini dell'accensione della candela, i due gesti (ciascuno dei quali formato da una serie di

atti motori quali: prendere la scatola, aprirla, estrarre il fiammifero, avvicinare il fiammifero acceso alla candela, ecc.) devono essere *anticipati* e successivamente *programmati in sequenza temporale*.

Le *mappe modali* che ci consentono di riconoscere un gesto o una serie di gesti sono utilizzate nell'anticipazione. Esse sono danneggiate nell'aprassia ideativa. Le mappe spazio-temporali che ci consentono di riconoscere gli spazi ed i tempi dei gesti sono utilizzate nella programmazione. Esse sono danneggiate nell'aprassia ideomotoria. Riferendoci alla definizione di De Renzi e Faglioni, possiamo dire che l'aprassia ideativa colpisce la fase dell'anticipazione ed il paziente non sa *cosa* fare; l'aprassia ideomotoria colpisce la fase della programmazione e il paziente non sa *come* fare. L'aprassia ideativa corrisponde alla agnosia associativa, mentre l'aprassia ideomotoria corrisponde all'agnosia appercettiva.

## **6) Il processo di anticipazione**

### **a) Preattivazione**

Supponiamo di aver memorizzato il volto di Giovanni. Esso è un blocco formato da numerose componenti, tra cui gli occhi, la fronte, il naso, ecc. Supponiamo di essere in presenza di Giovanni. Dopo aver percepito il volto si preattivano nella corteccia inferotemporale le *mappe modali* di anticipazione e nella corteccia parietale le mappe *spazio-temporali* di programmazione relative all'area degli occhi, al naso, ecc. Tali mappe (modali e spazio-temporali) sono funzionali all'anticipazione ed alla programmazione. All'anticipazione modale segue la programmazione e l'esecuzione del posizionamento dell'oggetto che sta per essere costruito dai recettori sensoriali e dai neuroni di elaborazione. Infatti, l'anticipazione, la programmazione e l'esecuzione del posizionamento avvengono una frazione di secondo prima che inizi l'attività sensoriale.

Poiché la preattivazione concerne più mappe modali e spazio-temporali è da supporre che, interno all'anticipazione, vi sia un meccanismo di attivazione/inibizione che tra le varie preattivazioni selezioni la mappa modale dell'oggetto da posizionare (Fig. 5).

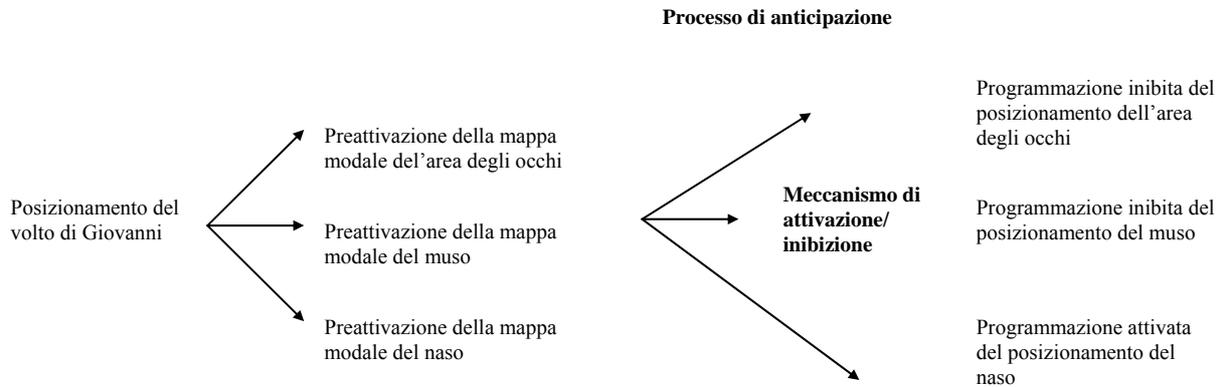


Figura 5. Preattivazione e meccanismo di attivazione/inibizione interne al processo di anticipazione

Riteniamo che tale meccanismo sia interno all'anticipazione in quanto quest'ultima precede la programmazione. Dopo che, attraverso il meccanismo di attivazione/inibizione, la corteccia prefrontale "ha scelto" "cosa" percepire, la corteccia premotoria programma lo specifico movimento (finalizzato a quella percezione), utilizzando una delle mappe spazio-temporali preattivate.

Consideriamo la circostanza in cui la percezione del volto del nostro amico Giovanni preattivi la mappa modale degli occhi, dell'iride e del colore. Ciò significa che, prima ancora che il colore verde degli occhi di Giovanni e la loro forma siano percepiti, essi sono preattivati. Infatti, se guardando gli occhi di Giovanni percepisco il colore castano chiaro, mi meraviglio e penso che il mio amico abbia messo le lentine colorate.

Consideriamo adesso la circostanza in cui la percezione del volto di uno sconosciuto preattivi la mappa modale degli occhi e del colore dell'iride. Non conoscendo la forma ed il colore degli occhi di questa persona, quali componenti modali sono preattivate assieme alle mappe? Ritengo che, in questa circostanza, la preattivazione coinvolga le forme ed i colori comuni in quell'ambiente. Se siamo in Sicilia, si preattivano i colori castano scuro, castano chiaro, ecc. (Fig. 6).

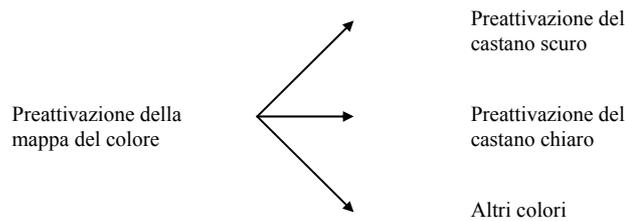


Figura 6. Preattivazione della mappa dell'iride e della componente modale relativa ai colori dell'iride

Dopo il posizionamento del colore “reale” (castano chiaro) degli occhi di questo sconosciuto, alla mappa dell'iride si associa questo colore. Rivedendo la stessa persona in un'altra circostanza, la preattivazione della mappa dell'iride preattiverà automaticamente il “castano chiaro”.

## b) Opzioni di scelta

Il meccanismo di attivazione/inibizione che agisce sulle preattivazioni modali è a tutti gli effetti un meccanismo di scelta che è peculiare della corteccia prefrontale (Robinson et al. 1998). Le preattivazioni sono inconsce. Il meccanismo di scelta seleziona tra le preattivazioni inconsce quella che sarà resa cosciente dopo programmazione ed esecuzione. Le preattivazioni, in altre parole, sono le varie opzioni su cui la scelta cade.

Le diverse opzioni di scelta preattivate possono essere rese coscienti tramite posizionamento realizzato con *rappresentazione mentale* o *focalizzazione*. La corteccia prefrontale può agire in due modi distinti:

1) “decide” (attraverso il meccanismo di attivazione/inibizione) di *guardare* il colore degli occhi (seleziona l'opzione “mappa colore degli occhi” già preattivata) e, sulla base di questa “decisione”, avviene la programmazione e l'esecuzione cui segue la percezione.

2) “decide” (attraverso il meccanismo di attivazione/inibizione) di *rappresentarsi mentalmente* il colore “verde” (seleziona l'opzione “verde” già preattivata) e, sulla base di questa “decisione”, avviene la programmazione e l'esecuzione (Fig. 7).

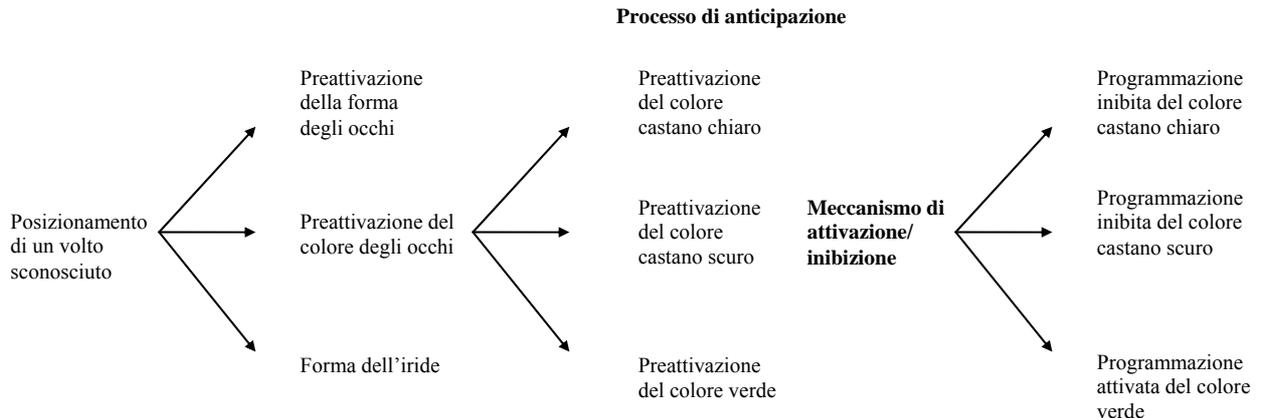


Figura 7. Meccanismo di attivazione/inibizione interno al processo di anticipazione che agisce sulle componenti modali

Le due modalità attraverso cui si realizza la scelta della corteccia prefrontale dipendono dal fatto che la selezione mappale della percezione è più generale rispetto alla selezione modale della rappresentazione mentale.

Consideriamo, per esempio, il colore degli occhi. La mappa memorizzata nella corteccia inferotemporale è comune a qualsiasi colore che abbiamo percepito in precedenza. Tale mappa può essere considerata, a tutti gli effetti come mappa del colore (in generale). Essa diventa la mappa del colore verde, quando dalla F4 a tale mappa si associa quello specifico colore.

Lo stesso si può dire delle altre mappe, ciascuna delle quali può associarsi a più elementi delle aree di focalizzazione primaria. Quando, nella percezione, preattiviamo e selezioniamo il colore degli occhi di uno sconosciuto, o anche il colore degli occhi di Giovanni, questa preattivazione e selezione riguarda una mappa generale. Sulla base di questa mappa avviene la focalizzazione. Se ci rappresentiamo mentalmente il colore degli occhi di uno sconosciuto o di Giovanni, la scelta avviene tra le componenti modali (marrone chiaro, marrone scuro, verde, ecc). Se essa ricade sul “verde”, tale specifico colore sarà reso cosciente tramite rappresentazione mentale.

## 7) Memoria procedurale e tipologia di blocchi

### a) Memoria procedurale

I due processi di scelta, mappale (percezione) e modale (rappresentazione mentale), generano due distinti processi. Si tratta sempre di posizionamento. Il primo, però è un processo di posizionamento automatico che realizziamo senza riflettere; il secondo è un processo di posizionamento cosciente.

La *memoria procedurale* concerne il posizionamento automatico. La percezione è, quindi, supportata dalla memoria procedurale. Tale memoria, utilizzando le mappe, agisce su un piano generale rispetto alle molteplici modalità che possono essere percepite. Può *procedere* verso l'immagine di *un* volto che solo l'area di focalizzazione primaria renderà specifico.

Quando effettuiamo, per le prime volte, un'*imitazione*, eseguiamo un *movimento volontario*, con l'ausilio della rappresentazione mentale. Per esempio, ascoltiamo un suono, ce lo rappresentiamo mentalmente e attiviamo la fonoarticolazione per riprodurlo. In questa circostanza la rappresentazione mentale del suono funge da guida alla fonoarticolazione volontaria. Con l'esercizio, l'imitazione si automatizza in quanto la rappresentazione mentale non è più utilizzata e si ricorre esclusivamente all'anticipazione di mappe.

### b) Blocchi deterministici e blocchi probabilistici

Possiamo inoltre differenziare i blocchi in “blocchi deterministici” e “blocchi probabilistici”. Un blocco deterministico è, per esempio, quello costituito dal legame temporale tra i due eventi: “premere l'interruttore” e “accensione della luce”; un blocco probabilistico è quello che lega tre eventi, in un legame temporale e logico (la congiunzione “o”) di cui due alternativi l'uno all'altro: “lancio della moneta”, “uscita della testa” o “uscita della croce” (Fig. 8 e 9).



```
graph LR; A[Premere l'interruttore] --> B[Accensione luce]
```

Figura 8. Blocco deterministico relativo alla premuta dell'interruttore e all'accensione della luce

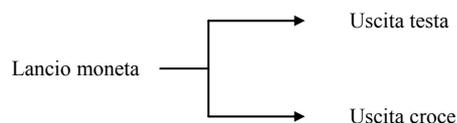
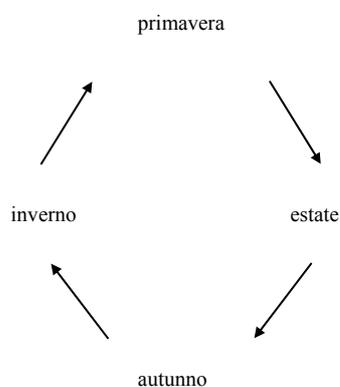


Figura 9. Blocco probabilistico relativo al lancio della moneta ed all'uscita di “testa” o “croce”

Il blocco deterministico quasi mai è supportato da rappresentazione mentale del secondo evento. Il blocco probabilistico è, a volte, supportato da rappresentazione mentale degli eventi alternativi, in questa circostanza (testa o croce). Il blocco, in altre parole, genera dei vincoli che determinano il risultato dei posizionamenti nel tempo e/o nello spazio. Tali vincoli possono essere tali da consentire una sola alternativa (blocco deterministico) o più alternative (blocco probabilistico). La serie dei numeri ( $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4, \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow \text{ecc.}$ ) è un blocco caratterizzato da un posizionamento e raggruppamento di “oggetti” nel tempo. Questo blocco genera vincoli deterministici. Dopo il 2 non può esserci il 4 e al 5 segue immancabilmente il 6. Alcuni raggruppamenti temporali sono circolari. Tali sono, per esempio le stagioni (Fig. 10).



*Figura 10. Raggruppamento deterministico circolare relativo alle stagioni dell'anno*

## 8) L'attenzione

### a) La selezione attenzionale

Atto primario della percezione, di solito, è considerata la “selezione attenzionale”. In questo saggio si sostiene l'ipotesi che l'atto primario della percezione consiste in un “posizionamento”. L'ipotesi della “selezione attenzionale”, però, non è in contrasto con l'ipotesi del “posizionamento”. Infatti, il processo di posizionamento consta di una serie di attività mentali che sono: l'anticipazione, la programmazione, l'esecuzione e la verifica. Abbiamo ipotizzato l'esistenza, all'interno dell'anticipazione, di un “meccanismo di attivazione/inibizione” che agisce sui dati mnestici

preattivati dopo percezione cosciente. Supponiamo di guardare (posizionare) una stanza. Gli oggetti presenti nella stanza sono visti, ma non sono percepiti coscientemente in quanto la percezione concerne la stanza nel suo complesso. Dopo aver percepito la stanza, si preattivano, a livello mnestico gli oggetti *visti* in precedenza (ma non percepiti). La successiva percezione dipende, quindi, dalla selezione che avviene tra i dati preattivati dopo la precedente percezione della stanza. Di uno specifico oggetto, per esempio una sedia, possono essere selezionate alcune caratteristiche, quali forma, colore, ecc.

Questo processo è analogo a quanto ipotizzato dalla Treisman (1991) nelle sue ricerche sull'attenzione in cui si parla di *mappa di salienza* (oggetto nella sua interezza) e *mappe di caratteristiche* (forma, colore, ecc.).

Il meccanismo di attivazione/inibizione può selezionare un oggetto, per esempio un tavolo dopo che è stata selezionata una stanza. In questa circostanza la stanza spesso è considerata “sfondo” del tavolo che ne è la “figura”. Si dice che, in questo caso, attraverso la “selezione attenzionale” la “figura” è stata separata dallo “sfondo”.

Comunemente si ipotizza che funzione primaria della mente sia la “selezione attenzionale” che agisce attraverso la “separazione figura/sfondo”. Tale ipotesi presuppone che figura e sfondo siano “esterni” rispetto al meccanismo che li separa o li seleziona. Ci sono i due “enti” (figura e sfondo), costruiti con i neuroni di elaborazione; indipendentemente da essi agisce un meccanismo di separazione o di selezione. Questo modo di intendere i processi mentali deriva dal realismo. Viene da pensare ad un homunculus che, posto dentro il cervello, separa i due “enti”. La nostra ipotesi è diversa. La selezione attenzionale avviene tramite un meccanismo di attivazione/inibizione che agisce all'interno di un circuito complesso di cui fanno parte anche gli enti che sono selezionati (costruiti dai neuroni di elaborazione). Senza il circuito complesso la selezione attenzionale non potrebbe realizzarsi.

#### **b) Livello di attenzione (*arousal*)**

I vari posizionamenti sono realizzati da circuiti diversi. Essi agiscono in parallelo e questa funzionalità ci consente di svolgere contemporaneamente più attività mentali. Si pensi alla circostanza in cui siamo in macchina e mentre guidiamo conversiamo con la persona seduta accanto a noi. In questa situazione, sono attivi il circuito oculomotore, il circuito fonoarticolatorio, il circuito percettivo uditivo e il circuito motorio degli arti (con il circuito somatosensitivo). Inoltre, il circuito percettivo uditivo funziona con almeno due sottocircuiti paralleli: il primo posiziona i suoni

del linguaggio, il secondo posiziona i rumori provenienti dall'esterno. Questi circuiti funzionano ad un basso livello di attenzione (*arousal*). Si tratta di “flussi di coscienza” che percorrono la nostra mente in quei momenti. Il livello di attenzione di questi circuiti si mantiene basso fintanto che ad ogni anticipazione segue l'informazione sensoriale attesa (ipotesi/verifica). Un'informazione inattesa, come per esempio un rumore strano proveniente dal motore, fa aumentare repentinamente l'*arousal* del circuito che “posiziona” il rumore nello spazio del vano motore. La concomitante attività di più circuiti è possibile in quanto essi agiscono in modo automatico.

## **9) Il linguaggio orale**

### **a) Complessità del “sistema linguaggio”**

Ogni blocco è controllato da uno specifico circuito che agisce in parallelo con gli altri circuiti. In ambito linguistico abbiamo almeno quattro tipi di blocchi: dei tratti in fonemi, dei fonemi in sillabe, delle sillabe in parole, delle parole in frasi. Per ognuno di questi blocchi si può ipotizzare una duplice struttura: superficiale e profonda (vedi più avanti). Ciascun circuito consta di mappe modali e spazio-temporali, del dinamismo di anticipazione e di programmazione, delle aree di focalizzazione primaria, nonché di complessi meccanismi di elaborazione dell'informazione sensoriale. Tutto ciò dà un'idea della complessità del “sistema linguaggio”.

### **b) La memoria procedurale e le attività linguistiche**

Le attività linguistiche, quali l'eloquio spontaneo, l'ascolto, la lettura e la scrittura, sono supportate dalla memoria procedurale. I molteplici circuiti linguistici, infatti, utilizzano come opzioni di scelta mappe modali. Lo specifico oggetto del linguaggio orale e/o scritto raramente è selezionato nell'anticipazione. Mentre parliamo, per esempio, non ci rappresentiamo mentalmente il suono prima che sia prodotto. Se vogliamo produrre il suono “a”, la corteccia prefrontale seleziona la *mappa modale* di tale suono. La corteccia premotoria rende dinamica la mappa spazio-temporale che è convertita *automaticamente* nello specifico suono dalla corteccia motrice primaria e dai motoneuroni. I circuiti linguistici, quindi, operando su un piano più generale rispetto alla rappresentazione mentale, possono agire con estrema rapidità.

### c) L'interazione dei circuiti fonoarticolatorio e percettivo uditivo

Il linguaggio orale è supportato dall'interazione di due circuiti percettivi/motori. Si tratta del circuito fonoarticolatorio e del circuito percettivo uditivo. Il circuito fonoarticolatorio si occupa del posizionamento lungo l'asse del tempo dei movimenti degli organi fonatori. Questo posizionamento, accompagnato dalla vibrazione delle corde sonore, produce i suoni del linguaggio. Il circuito percettivo uditivo posiziona lungo l'asse del tempo i suoni prodotti dal sistema fonoarticolatorio nostro o degli altri.

La difficoltà che ha il bambino nell'articolare i suoni nasce dal fatto che la fonoarticolazione dipende anche dal posizionamento del circuito percettivo uditivo. Si impara dapprima ad ascoltare poi a parlare; infatti, i sordi dalla nascita non parlano. La fonoarticolazione quindi è strutturata a due livelli. Il primo livello riguarda la posizione nel tempo degli organi articolatori; il secondo livello concerne la posizione nel tempo dei suoni. In altre parole, la fonoarticolazione è programmata anche sull'anticipazione della posizione nel tempo dei suoni. Tale posizione dipende dall'azione del sistema percettivo uditivo e della rappresentazione mentale uditiva (la rappresentazione mentale, però, interviene solo nella fase di apprendimento. Successivamente il processo si automatizza con l'utilizzo dell'anticipazione di mappe e non di suoni). In altre parole, il posizionamento nel tempo dei suoni è anticipato, programmato, eseguito e verificato dal sistema percettivo uditivo. Lo stesso posizionamento nel tempo dei suoni (realizzato, ovviamente, da popolazioni di neuroni diverse) è anticipato, programmato ed eseguito dal sistema fonoarticolatorio. La differenza tra i due posizionamenti consiste nel fatto che il primo è un movimento di focalizzazione, il secondo è un movimento realizzato dalla corteccia motrice primaria con l'intervento dei motoneuroni. La verifica della fonoarticolazione da parte del sistema fonoarticolatorio riguarda soltanto la posizione nel tempo degli organi fonatori (per intenderci il primo livello). Per quanto riguarda la verifica della posizione nel tempo dei suoni prodotti dal sistema fonoarticolatorio, essa è realizzata dal sistema percettivo uditivo che riposiziona i suoni durante l'ascolto (Fig. 11).

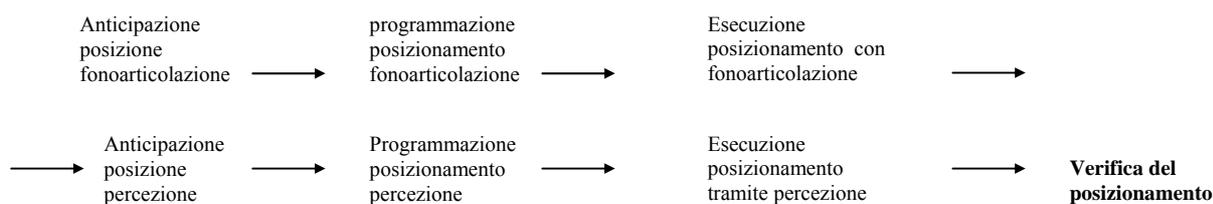


Figura 11. Interazione dei circuiti fonoarticolatorio e percettivo uditivo

#### **d) Mappe modali, temporali e dinamismi nel linguaggio orale**

Sappiamo che la memoria delle posizioni e degli “oggetti” è organizzata in mappe e dinamismi che determinano i blocchi (le mappe di blocchi si ottengono anche tramite il processo di riempimento). Le mappe ed i dinamismi di blocchi costituiscono l’anticipazione e la programmazione sia del sistema percettivo/uditivo sia del sistema fonoarticolatorio.

A livello uditivo e fonoarticolatorio i blocchi riguardano i foni, le sillabe, le parole e le frasi. Per quanto riguarda il primo tipo di blocchi, cioè dei tratti in singoli foni, la pronuncia e soprattutto l’ascolto delle consonanti è difficile senza il supporto delle vocali. Infatti, spesso, per pronunciare e facilitare l’ascolto della “p” diciamo ed ascoltiamo “pi”. Ci soffermiamo, quindi, per chiarezza espositiva, sui blocchi di parole che formano le frasi, di foni che formano le sillabe, e di sillabe che formano le parole.

#### **e) Struttura superficiale e struttura profonda nel linguaggio**

Il linguaggio è organizzato attraverso blocchi legati temporalmente. Tale legame può essere “lineare” oppure per “gruppi e sottogruppi”. Il legame lineare è, per esempio, il legame temporale dei giorni della settimana: lunedì – martedì – mercoledì – giovedì – venerdì – sabato – domenica. Il linguaggio presenta sia il legame lineare sia il legame per gruppi e sottogruppi. Quando i suoni si legano linearmente si ha la struttura superficiale. Quando i suoni si legano per gruppi o sottogruppi si ha la struttura profonda.

Nella struttura superficiale il legame lineare non dipende dai significati. I suoni si legano per il modo in cui si pronunciano e/o si ascoltano. Nella struttura profonda il legame per gruppi e sottogruppi (sintagmi) dipende dai significati. Per esempio, le due parole “foglia” e “verde” designano un “oggetto” ed una “caratteristica”. Foglia (oggetto) e verde (caratteristica) si caratterizzano per il fatto di avere uno stretto legame spaziale, tanto che, spesso, i due spazi coincidono. Per tale motivo nella costruzione di blocchi, foglia e verde formano un sottogruppo.

Tra l’oggetto e la caratteristica, inoltre, è possibile porre la relazione “riferimento-riferito”, in cui un elemento – il “riferimento” - è considerato come più importante dell’altro – il “riferito” (nel nostro caso specifico, solitamente l’oggetto funge da “riferimento” e la caratteristica da “riferito”). Tale relazione avviene tramite “metaposizionamento”. Il metaposizionamento è successivo al posizionamento. Dopo che i due elementi sono stati posizionati, il circuito rappresentativo passa (posiziona) dal riferimento al riferito.

Nel linguaggio sono trasferiti sulle parole la relazione riferimento-riferito e i vari raggruppamenti che caratterizzano gli oggetti e/o presenziati che le parole indicano. In altri termini, come l'oggetto e la caratteristica costituiscono un sottogruppo in cui l'oggetto funge da riferimento e la caratteristica da riferito, analogamente sostantivo ed aggettivo (foglia e verde) formano un sintagma (sottogruppo) nel quale il sostantivo è riferimento e l'aggettivo è riferito. Tali parole, sulla base del loro significato, formano un "sottogruppo" interno alla frase (gruppo). Il sottogruppo linguistico "foglia verde" è detto "sintagma *nominale*" proprio perché tra i due termini linguistici il *nome* "foglia" è riferimento dell'*aggettivo* "verde". Con analogo procedimento si realizzano i vari sintagmi linguistici.

#### f) Le frasi

Nella frase "vado a casa" la struttura superficiale è illustrata nella Fig. 12.

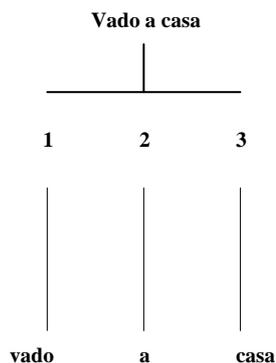


Figura 12. Struttura superficiale della frase "vado a casa"

Le tre parole occupano una posizione nell'asse temporale caratteristica della lingua italiana e di altre lingue. In giapponese la posizione varia (Fig. 13)

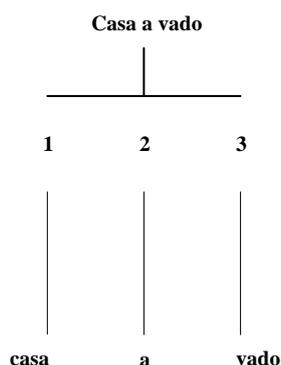


Figura 13. Struttura superficiale della frase “vado a casa” in giapponese

Nella lingua italiana l’aggettivo quasi sempre segue il nome; nella lingua inglese l’aggettivo precede il nome (Fig. 14 e 15).

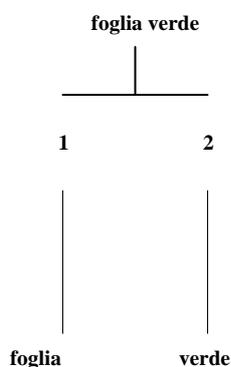


Figura 14. Struttura superficiale del blocco “foglia verde”

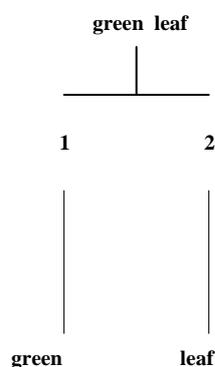


Figura 15. Struttura superficiale del blocco “green leaf”

Tale posizione degli elementi nella struttura superficiale della lingua è realizzata automaticamente e concerne la memoria procedurale. Nella costruzione della struttura profonda della frase gli elementi sono raggruppati a coppia. Ogni raggruppamento genera un blocco (di parole) significativo che può raggrupparsi con un’ulteriore parola o con un ulteriore blocco. Per esempio nella frase “vado a casa”, i due elementi “a” e “casa” si raggruppano in un blocco

significativo formando il sintagma “a casa”. L’elemento “vado” si raggruppa con il sintagma “a casa” formando la frase “vado a casa”. Partendo dal blocco “vado a casa”, è possibile anche *riempire* tale blocco posizionando i due elementi che lo formano “vado”, “a casa”; è possibile pure *riempire* il blocco “a casa” posizionando i due elementi che lo formano “a” e “casa”. La struttura profonda della lingua concerne il metaposizionamento ed il raggruppamento sintagma per sintagma (Fig. 16). I numeri della figura indicano il metaposizionamento: casa (2) è riferito ad “a” (1) (riferimento); “vado” (1) è riferimento di “a casa” (2), che è riferito.

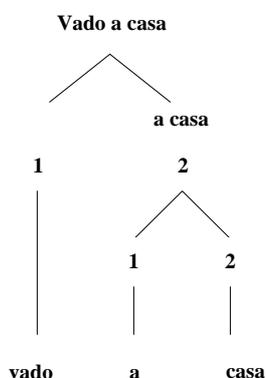


Figura 16. Struttura profonda della frase “vado a casa”

### g) Le sillabe

A mio avviso, anche le sillabe hanno la duplice struttura superficiale e profonda. In ambedue le strutture gli elementi che compongono la sillaba sono tre: l’“attacco” cioè la consonante o il gruppo consonantico che precede la vocale, il “nucleo” cioè la vocale e la “coda” ossia la consonante o gruppo consonantico che segue la vocale. Per esempio nella sillaba “por”, l’attacco, il nucleo e la coda sono rispettivamente la “p”, la “o” e la “r”. Nel caso in cui manchi la consonante che segue o che precede, essa è sostituita da una pausa. La struttura superficiale della sillaba “por” è quella illustrata nella (Fig. 17).

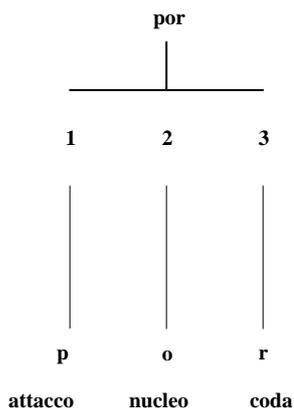


Figura 17. Struttura superficiale della sillaba “por”

La struttura profonda della sillaba “por” è formata da due raggruppamenti (o blocchi). Il primo riguarda il nucleo (o) e la coda (r); essi formano la rima. Il secondo raggruppamento concerne l’attacco (p) con la rima (or); essi formano la sillaba (por) (Denes et al. 1996). Anche nella struttura delle sillabe è possibile rinvenire la relazione “riferimento-riferito”. In effetti, le sillabe presentano un elemento che è più importante degli altri e che può intendersi come riferimento: la vocale. Essa veicola il suono e le consonanti ed i gruppi consonantici si appoggiano alle vocali stesse. Per tale motivo nella rima il riferimento è la vocale, mentre il riferito è la consonante; nella sillaba il riferimento è la rima che contiene la vocale ed il riferito è l’altra consonante (Fig. 18). I numeri indicano il riferimento (1) ed il riferito (2). La rima è un raggruppamento in cui il nucleo è riferimento, la coda è riferito; la sillaba è un raggruppamento in cui l’attacco è riferito la rima è riferimento.

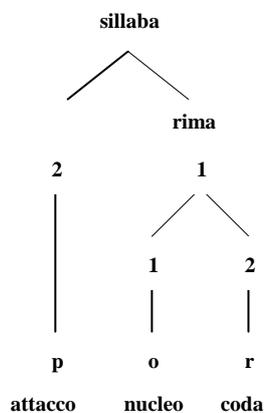


Figura 18. Struttura profonda della sillaba “por”

## h) Le parole

Anche per le parole non è da escludere la duplice struttura superficiale e profonda e la relazione “riferimento-riferito”. Le parole sono formate da raggruppamenti di sillabe. All’interno delle parole le sillabe si differenziano sulla base degli accenti. È possibile che la sillaba accentata funga da riferimento rispetto a quelle che non lo sono. La struttura superficiale della parola “coperta” è quella illustrata nella Fig. 19.

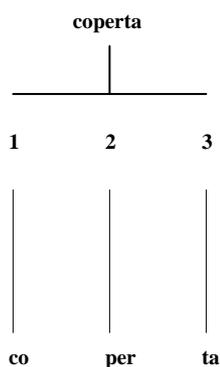


Figura 19 Struttura superficiale della parola “coperta”

La struttura profonda della stessa parola può essere quella illustrata nella Fig. 20. Osservando la figura si nota che il metaposizionamento dipende dalla sillaba accentata “per” che funge da riferimento nel blocco “per - ta”; nel blocco “co – perta” il riferimento è “perta” che contiene la sillaba accentata.

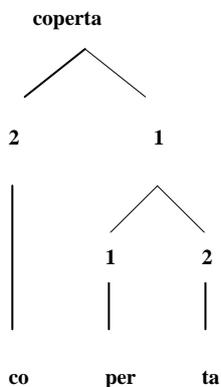


Figura 20. Struttura profonda della parola “coperta”

## **i) Area di Wernicke e area di Broca**

Nelle aree posteriori sono memorizzate le mappe, in particolare nell'area di Wernicke sono memorizzate le mappe modali del sistema percettivo/uditivo e del sistema fonoarticolatorio; in alcune aree parietali sono memorizzate le mappe spazio-temporali di ambedue i sistemi.

Per quanto riguarda la memoria dei dinamismi, quasi certamente l'area di Broca memorizza il dinamismo di *anticipazione* di ambedue i sistemi, mentre l'area motrice supplementare memorizza il dinamismo di *programmazione* fonoarticolatoria.

I soggetti affetti da afasia di "Wernicke" (Wernicke 1874) sono deficitari in numerose funzioni cognitive legate al linguaggio. Il loro eloquio è fluente e parafasico, essi presentano deficit di comprensione uditiva e di ripetizione. Hanno difficoltà nella comprensione del linguaggio scritto ed orale; inoltre hanno difficoltà a leggere, ripetere, parlare spontaneamente, scrivere (Basso e Cubelli 1996). Spesso tali pazienti si esprimono con un gergo neologistico incomprensibile per chi ascolta e non si rendono conto degli errori commessi. Ciò è dovuto al fatto che sono danneggiate le mappe modali sia del sistema percettivo/uditivo sia del sistema fonoarticolatorio.

Negli afasici di "Broca" (Broca 1861) è danneggiato il dinamismo di anticipazione (scelta, recupero, ecc.). Essi, però, presentano minori difficoltà di comprensione (Martin 2003) in quanto le mappe modali possono essere attivate da suoni provenienti dall'area uditiva primaria. Occorre ricordare, però, che l'area di Broca concorre al posizionamento dei suoni lungo l'asse del tempo da parte del sistema percettivo uditivo. Ciò significa che gli afasici di Broca possono non comprendere le frasi (Grossi e Trioano 2005). Nella comprensione delle frasi, infatti, il posizionamento dei suoni nel tempo ha maggior peso rispetto a quanto succede nella comprensione di una singola parola.

## **10) Le relazioni**

A mio avviso, le funzioni mentali si riconducono a posizionamenti effettuati da numerosi circuiti neuronali. Tali posizionamenti reiterandosi su posizioni già fissate in precedenza (funzione di metaposizionamento) danno origine alle varie relazioni. Analogamente a quanto accade nel linguaggio, il metaposizionamento successivo al posizionamento genera la relazione riferimento-riferito, essendo *riferimento* il primo elemento metaposizionato ed essendo *riferito* il secondo elemento metaposizionato

Il tipo di relazione dipende dagli "oggetti" mantenuti in presenza. Supponiamo di aver posizionato nello spazio due oggetti, un tavolo ed un lume. Essi sono raggruppati nello spazio. Se,

dopo una singola focalizzazione, manteniamo in presenza ambedue gli oggetti posizionati nello spazio (che sono costruiti contemporaneamente nell'area di focalizzazione primaria) e effettuiamo il metaposizionamento del primo e del secondo, possiamo generare la relazione spaziale sopra/sotto oppure la relazione spaziale sotto/sopra (Fig. 21).

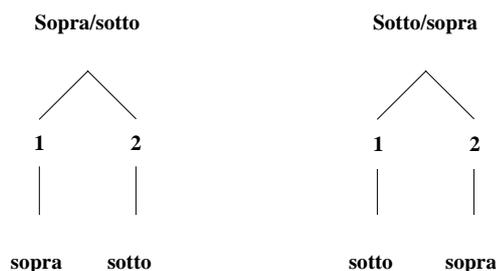


Figura 21. Relazioni spaziali sopra/sotto e sotto/sopra ottenute tramite metaposizionamento

Con la percezione o la rappresentazione mentale gli oggetti sono estrapolati dal contesto e su di essi si stabilisce la relazione spaziale. Si avrà: il lume (riferimento) sopra il tavolo (riferito) oppure il tavolo (riferimento) sotto il lume (riferito). In modo analogo si ottengono le altre relazioni spaziali e temporali: dentro/fuori, destra/sinistra, avanti/dietro, prima/dopo, ecc. Ovviamente nelle relazioni temporali il mantenimento in presenza concerne due oggetti raggruppati nel tempo.

Le relazioni possono essere realizzate anche al di fuori del contesto spazio-temporale, come accade nelle correlazioni linguistiche. In questa circostanza il metaposizionamento si realizza tra le componenti modali selezionate individualmente, al di fuori cioè del blocco spaziale e/o temporale. Posso, per esempio, estrapolare dal contesto le componenti modali "chiaro" e "scuro" e metaposizionarle ottenendo la relazione "chiaro/scuro" o "scuro/chiaro"; analogamente si hanno le relazioni "pesante/leggero", "grande/piccolo", "alto/basso", "freddo/caldo", "triste/allegro", ecc.

Se i due elementi estrapolati sono un *oggetto* ed una sua *caratteristica*, si ottiene la relazione *sostantivo-aggettivo*: "foglia verde", "boccone amaro", in cui il sostantivo è il primo elemento ad essere metaposizionato.

Abbiamo affermato che la costruzione dei blocchi avviene su base spaziale e/o temporale. Questo è vero per quanto riguarda il posizionamento. Attraverso il metaposizionamento, però si

possono realizzare altri blocchi, cioè *le correlazioni linguistiche* e le *classificazioni*. Delle correlazioni ci siamo occupati in precedenza, per quanto riguarda le classificazioni esse si caratterizzano per una peculiarità. Nella classificazione gli elementi estrapolati e poi metaposizionati sono *enti non differenziati*. Possiamo, per esempio metaposizionare un “rosso” e un “rosso”. In questo caso otteniamo “due rossi”. Possiamo ripetere il metaposizionamento; il risultato sarà “tre rossi”. Analogamente si raggruppano “pochi rossi”, “molti rossi”, “parecchi rossi”. Nella classificazione l’ordine di posizionamento è irrilevante. Gli enti raggruppati in blocco sono infatti “uguali”. La *classe* è un blocco in cui enti uguali (non differenziati) sono tenuti insieme tramite metaposizionamento: la classe dei mammiferi, dei vertebrati, dei carnivori, ecc.

## Conclusione

Oggetto di questo saggio sono stati i circuiti percettivo-motori. Attraverso una nuova ipotesi sulla loro funzione abbiamo tentato di aprire una nuova strada teorica per spiegare i processi mentali. Riteniamo, infatti, che tali processi possano trovare una spiegazione solo attraverso le funzioni circuitali.

Con questo obiettivo di fondo, il saggio, pur soffermandosi sulla funzione dei circuiti percettivo-motori, ha toccato diversi argomenti di neuropsicologia. Infatti, più funzioni mentali si riescono a spiegare attraverso le attività circuitali, più credito acquisisce questa nuova strada intrapresa.

I circuiti neurali, per realizzare i vari processi mentali, devono possedere alcune caratteristiche fondamentali:

1) funzionare come un laboratorio in miniatura in cui le informazioni in arrivo dai recettori sensoriali sono ipotizzate e verificate, attraverso un processo di anticipazione, programmazione ed esecuzione.

2) essere in grado non solo di raccogliere e memorizzare i dati sensoriali ma anche di integrarli al loro interno; riuscire, quindi, a perfezionarsi attraverso esperienza;

3) essere in grado di spiegare come avviene la raccolta delle informazioni, la loro memorizzazione ed il loro utilizzo nell’esperienza di tutti i giorni: ciò consente di eliminare qualsiasi discontinuità tra “oggetti”, “scelta”, “memoria”, “riconoscimento”, ecc.

Per quanto riguarda la memoria, si è data un'interpretazione della “memoria procedurale”, ipotizzando che essa agisca sull'anticipazione di “mappe”. In questo, la memoria procedurale (tipica dei movimenti e delle percezioni) si differenzia dalla memoria relativa ai circuiti di rappresentazione mentale.

Abbiamo ipotizzato che i processi mentali si svolgano a due “livelli”. Il primo livello, più semplice, riguarda i processi di elaborazione delle informazioni sensoriali, realizzati da popolazioni di neuroni; il secondo livello concerne il “posizionamento”, realizzato da circuiti. Tale architettura circuitale è comune sia ai circuiti motori sia ai circuiti percettivi.

Il posizionamento può essere reiterato (funzione di “metaposizionamento”). Col “metaposizionamento” si ottengono le “relazioni” spaziali, temporali, modali, ecc. Inoltre, sempre tramite il “metaposizionamento”, si generano altre tipologie di blocchi significati: le correlazioni linguistiche e le classificazioni.

I vari argomenti sono stati trattati da un punto di vista generale. Essi devono essere approfonditi. Per esempio, il processo di elaborazione che noi abbiamo limitato ai sistemi sensoriali ed alle aree primarie, certamente prosegue oltre tali aree, fino alle aree associative di primo e secondo grado e fino alle aree frontali. Inoltre, la funzione di posizionamento non modifica solo le aree di anticipazione e di programmazione mappale (cortece associative e frontali), certamente ha un ruolo fondamentale nell'organizzazione sia delle aree primarie sia dei sistemi sensoriali. Il modo in cui le aree primarie, le aree associative e le aree frontali interagiscono va analizzato nei dettagli. Infine occorre chiarire come i molteplici circuiti interagiscono formando l'unità della coscienza individuale.

## Bibliografia

- Basso, A., Cubelli R. (1996). "La clinica dell'afasia". In G. Denes e L. Pizzamiglio (a cura di), *Manuale di Neuropsicologia*. Zanichelli. Bologna.
- Broca, P. (1861). "Perte de la parole. Ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau". *Bulletin de la Société d'anthropologie*, 11: 235 – 237.
- Ceccato, S. (1964). *Un tecnico fra i filosofi. Vol. I. Come filosofare*. Marsilio. Padova
- De Renzi, E. (1996). "Le Agnosie". In *Manuale di Neuropsicologia*, G. Denes e L. Pizzamiglio (a cura di), *Manuale di Neuropsicologia*. Zanichelli. Bologna.
- De Renzi, E., Faglioni, P. (1996). "L'aprassia". In *Manuale di Neuropsicologia*, G. Denes e L. Pizzamiglio (a cura di), *Manuale di Neuropsicologia*. Zanichelli. Bologna.
- Denes, G. (1996). "Disturbi della localizzazione e consapevolezza corporea". In G. Denes e L. Pizzamiglio (a cura di), *Manuale di Neuropsicologia*. Zanichelli. Bologna.
- Denes, G., Semenza, C., Magno Caldognetto, E. (1996). "Disturbi fonologici nell'afasia". In *Manuale di Neuropsicologia*, G. Denes e L. Pizzamiglio (a cura di), *Manuale di Neuropsicologia*. Zanichelli. Bologna.
- Desimone, R. (1991). "Face-selective cells in the temporal cortex of monkeys". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3: 1–8.
- Grossi, D., Troiano, L. (2005). *Neuropsicologia dei lobi frontali*. Il Mulino Bologna
- Hubel, D. H., Wiesel, T. N. (1968). "Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex". *The journal of physiology*, 195: 215 – 243.
- Kandel, E., Jessel, T. M. (1991). "Il tatto". In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel (a cura di), *Principi di neuroscienze*. Seconda edizione. Ambrosiana. Milano.
- Kelly, J. P. (1991a). "La funzione uditiva". In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel (a cura di), *Principi di neuroscienze*. Seconda edizione. Ambrosiana. Milano.
- Kelly, J. P. (1991b). "Le basi nervose della percezione e del movimento". In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T.M. Jessel (a cura di), *Principi di neuroscienze*. Seconda edizione. Ambrosiana. Milano.
- Leopold, D. A., Logothetis, N. K. (1996). "Activity changes in early visual cortex reflect monkeys' percepts during binocular rivalry". *Nature*, 379: 549-553.
- Lissauer, H. (1890). "Ein Fall von Seelenblindheit nebst einem Beitrag zur Theorie derselben". *Archiv für Psychiatrie*, 21: 222 – 270.
- Livingston, M., Hubel, D. (1988). "Segregation of form, colour, movements and depth: Anatomy, physiology, and perception". *Science*, 240: 74 –749.
- Logothetis, N. K., Leopold, D. A., Sheinberg, D. L. (1996). "What is rivalling during rivalry?" *Nature*, 380: 621-624.
- Lumer, E. D., Friston, K. J., Rees, G. (1998). "Neural correlates of Perceptual Rivalry in the Human Brain". *Science*, vol. 280, n. 5371: 1930–1934.
- Luzzatti, C., Davidloff, J. (1994). "Impaired retrieval of object-colour knowledge with preserved colour naming". *Neuropsychologia* 32: 993–950.
- Martin, J. H. (1991). "Codificazione ed elaborazione delle informazioni sensoriali". In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel (a cura di), *Principi di neuroscienze*. Seconda edizione. Ambrosiana. Milano.
- Martin, R. C. (2003). "Language processing: functional organization and neuroanatomical basis". *Annual review of Psychology*, 54: 55–89.
- Mason, C., Kandel, E. R. (1991). "Le vie visive centrali". In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel (a cura di), *Principi di neuroscienze*. Seconda edizione. Ambrosiana. Milano.
- Perret, D. I., Mistlin, A. J., Chitty, A. J. (1987). "Visual neurons responsive to faces". *Trends in Neuroscience*, 10: 358-364.
- Pick, A. (1902). "Zur Psychologie der motorischen Apraxie". *Neurologische Zentralblatt*, 21: 994–1000.
- Pick, A. (1904). "Zur Symptomatologie der linksseitigen Schaelefenappelnatrophie". *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie*, 16: 378–388.
- Robinson, G., Blair, J., Cipollotti, L. (1998). "Dynamic aphasia: an inability to select between competing verbal responses?". *Brain*, 121: 77-89.
- Sims, A. (1997). *Introduzione alla psicopatologia descrittiva*. Cortina. Milano.
- Treisman, A. (1991). "Search, similarity and the integration of features between and within dimensions". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17: 652-676.
- Ungerleider, L. G., Mishkin, M. (1982). "Two cortical visual systems". In D. J. Ingle, M. A. Goodale, R. J. W. Mansfield (a cura di), *Analysis of visual behaviour*. MIT. Cambridge, Mass.
- Vaccarino, G. (1988). *Scienza e semantica costruttivista*. Clup. Milano.
- Van Lancker, D. R., Carter, G. J. (1982). "Impairment of voice and face recognition in patients with hemispheric damage". *Brain and Cognition*, 1: 185–195.

Wernicke, C. (1874). *Der Aphasische Symptomencomplex*. Max Cohn und Weigert. Breslau.