

Methodologia

Working Papers

#189

Notizie

I processi cognitivi

di Salvatore Leonardi

Methodologia
Pensiero Linguaggio Modelli

a cura della
Società di cultura metodologico-operativa

www.methodologia.it

Notizie

- * Nel 2002, presso Plein Chant, editore in Bassac, Paul Braffort ha pubblicato "J & I: les deux combineurs et la totalité". Nell'**Investissement** iniziale, l'autore parla di ritmo, misura e metro fra prosodia, musica, aritmetica, algebra e logica, ponendo altresì in evidenza il possibile rapporto che legherebbe questi concetti ad "altri oggetti formali" che lui chiama "dichomes" e che sarebbero stati introdotti da Brouwer, Chwistek e Ceccato.

- * Felice Accame parla della sua **Antologia critica del sistema delle stelle** (Odradek edizioni) nelle seguenti occasioni:
 - 6 maggio, alle ore 18, a Lugano, presso il Centro Sociale Autogestito Il Molino, viale Cassarate 8 (con mostra di **Cinquanta opere 40x50** di Anna Rocco)

 - 8 maggio, alle ore 21.30, a Macerata, presso la Sala degli Specchi della Biblioteca Comunale, piazza Vittorio Veneto 2

 - 9 maggio, alle ore 17, a Terni, presso la Sala VideoConferenze della Biblioteca Comunale, piazza della Repubblica 1

 - 15 maggio, alle ore 18.30, a Firenze, presso la Galleria d'Arte Varart, via dell'Oriuolo 47-49 (dibattito con Gianni Conti, Pierre Lanfranchi e Franco Morabito).

E' in funzione il sito Internet della *Società di Cultura Metodologico-Operativa* all'indirizzo:
<http://www.methodologia.it>

I PROCESSI COGNITIVI

Premessa

Nelle attività mentali si possono distinguere due differenti funzioni.

Si tratta della *funzione metacognitiva* e della *funzione cognitiva*

Tra queste due vi è un rapporto gerarchico.

Tramite la funzione cognitiva, la mente elabora le informazioni provenienti dall'ambiente esterno e percepite per mezzo dei recettori sensoriali; organizza, inoltre, queste informazioni su basi spaziali, temporali e logiche.

Il mondo che ci circonda è il risultato di questo complesso procedere.

La mente umana, inoltre può *interpretare* "il mondo che ci circonda", quel mondo, cioè, che ha percepito ed organizzato attraverso la precedente funzione. Questa è la caratteristica della funzione metacognitiva

Il linguaggio è lo strumento di cui si serve la mente per la sua *funzione interpretativa*.

La funzione interpretativa si riconosce facilmente poiché è supportata dalle *correlazioni* e dal rapporto *riferimento/riferito*.

Con questo intendiamo dire che ogniqualvolta, col linguaggio, effettuiamo una *correlazione* oppure stabiliamo una relazione *riferimento/riferito*, stiamo effettuando una funzione interpretativa.

Vi è una corrispondenza biunivoca tra cognitivo e metacognitivo.

Tutto ciò che noi umani, tramite il linguaggio, "interpretiamo" (livello metacognitivo), è costruito dalla mente a livello cognitivo.

Il leone, prima di attaccare la gazzella si porta a circa dieci metri da essa. A livello cognitivo il leone calcola la "distanza" al di sopra della quale l'attacco è inutile. Il leone, però, non ha il concetto di "distanza", non ha il concetto di "destra" né quello di "sinistra". Questi, infatti sono interpretazioni di quanto si osserva. L'uomo, quando utilizza questi concetti utilizza funzioni metacognitive della mente.

In questo saggio tratteremo i processi mentali che riguardano esclusivamente la funzione cognitiva.

Purtroppo, "parlare" di questi processi significa "interpretarli", utilizzando strutture correlative. Non si può infatti uscire dai nostri schemi mentali.

L'affermazione che il movimento oculare da un oggetto all'altro si può interpretare come un'inferenza logica del tipo "se...allora", non significa, quindi, che per effettuare questo movimento gli uomini e gli animali devono ragionare.

L'inferenza logica "se...allora" fa parte della funzione metacognitiva attraverso cui "interpretiamo" la realtà che ci circonda; essa quindi, in questa prima parte del saggio è da considerarsi come uno strumento linguistico per spiegare determinati processi. Questi processi, però, non sono di "tipo correlativo". Si tratta, appunto, di automatismi cognitivi e l'apprendimento avviene in modo inconsapevole.

Lo stesso dicasi per concetti quali "destra", "sinistra", "tempo", "spazio"...qui utilizzati come strumenti interpretativi.

Informazioni modali e spaziali

Sappiamo che le elaborazioni delle informazioni provenienti dai recettori sensoriali avvengono lungo vie disposte in *parallelo*. Sappiamo inoltre che lungo il percorso vari *nuclei di ritrasmissione* agiscono con meccanismi eccitatori ed inibitori al fine di *accentuare* i *contrast*i tra gli impulsi provenienti dai sistemi sensoriali perifericiⁱ.

Le vie disposte in parallelo trasmettono separatamente due tipologie di informazioni.

Si tratta delle informazioni spaziali (via del "dove"), e di quelle modali (via del "che cosa")ⁱⁱ.

L'accentuazione dei contrasti, che già avviene lungo i vari nuclei di ritrasmissione e continua nelle cortecce sensitive primarie, riguarda le *informazioni modali*.

Essa consente la prima fondamentale funzione cognitiva della mente cioè quella di separare una componente dalle altre, selezionando con l'attenzione la prima e scartando automaticamente le altre.

Certamente, tra le componenti modali troviamo, :

- I. *vista*: forma, trasparente-opaco, i colori, chiaro-scuro
- II. *udito*: rumore-silenzio, suono
- III. *tatto*: duro-molle, caldo-freddo liscio-ruvido, asciutto-bagnato, piacere-dolore
- IV. *gusto*: dolce-amaro, salato-acido
- V. *olfatto*: aroma-marcio, bruciato-frutto, resina-fiore
- VI. *sensazioni organiche*: fame, sete, pesante-leggero,

Chiamiamo queste componenti “presenziati”, sull’esempio di Ceccato e Vaccarinoⁱⁱⁱ.

I *presenziati* si caratterizzano per essere *spazialmente strutturati*.

Se guardiamo il *colore* di un oggetto, notiamo che esso occupa uno spazio delimitato. Lo stesso possiamo dire del duro/molle, dei rumori,...

Lo spazio dei presenziati è determinato dall’organizzazione somatotopica della corteccia somatosensitiva primaria, retinotopica della corteccia visiva primaria, e per colonne di sommazione e di soppressione della corteccia uditiva primaria.

Corteccia visiva primaria

Nella corteccia visiva primaria proiettano le informazioni elaborate da due sistemi sensoriali.

Si tratta del sistema magnocellulare e del sistema parvicellulare.

Il primo trasmette le informazioni spaziali, il secondo le informazioni modali.

Questi due sistemi proiettano separatamente in due cortecce associative diverse.

La via del “dove” proietta nella corteccia parietale posteriore; la via del che cosa nella corteccia inferotemporale.

I due sistemi, però, nella corteccia visiva primaria, *convergono*, posizionandosi in strati diversi di una stessa colonna^{iv}.

Le colonne sono organizzate retinotopicamente, in modo tale che l’ordine spaziale delle scene e degli oggetti percepiti corrisponde all’ordine delle colonne.

La convergenza in una stessa colonna delle informazioni magno e delle informazioni parvo, fa sì che allo spazio del sistema magno corrisponda lo spazio del sistema parvo e quindi dei presenziati.

La mente, quindi, può, per selezionare una di queste componenti, selezionare il loro spazio.

Poiché i due sistemi, parvo e magno hanno lo stesso spazio, la selezione dello spazio magno significa per un processo automatico, la selezione dello spazio parvo e quindi del presenziato.

Lo spazio dei presenziati concerne quattro componenti. Esse sono: la *forma relativa*, la *grandezza relativa*, la *stasi/movimento relativa*, la *posizione relativa*¹.

Queste componenti variano nel rapporto percepente/percepito e sono registrate automaticamente dalla corteccia visiva primaria.

Se giriamo attorno ad un oggetto modificando la prospettiva, cambia la forma. Questa variazione formale avviene automaticamente nella corteccia visiva primaria.

Analogamente se ci avviciniamo ad un oggetto esso appare più grande; anche in questo caso sono i neuroni retinici a inviare alla corteccia visiva primaria le diverse informazioni sulla grandezza che si modifica.

Lo stesso si può dire del movimento, la cui percezione può mutare al nostro star fermi o in moto. Oltre che per forma, stasi/movimento, posizione e grandezza (componenti spaziali), i presenziati possono variare per modalità.

Se osserviamo un camaleonte mentre modifica il colore della sua pelle, rimanendo immobili noi e lui, la corteccia visiva primaria registrerà l’invarianza delle tre componenti spaziali e le modifiche modali relative al colore.

Possiamo affermare che le cortecce primarie registrano il variare nel tempo di *forma*, *grandezza*, *stasi/movimento*, *posizione*, chiaro/scuro, trasparente/opaco, colore, liscio/ruvido, caldo/freddo, ...

Di queste componenti le prime quattro, forma, grandezza, stasi/movimento e posizione, hanno a che fare con l’organizzazione retinotopica e somatotopica, essendo determinate dallo spazio.

La separazione figura/sfondo

Nella corteccia parietale posteriore, come abbiamo già detto, proiettano gli spazi costruiti dai vari sistemi sensoriali. Qui avviene la separazione figura/sfondo.

Per capire le modalità con cui la mente realizza questa funzione, soffermiamoci sulle patologie attenzionali di quest’area.

¹ I concetti di *posizione* e *stasi/movimento* sono simili. Il movimento possiamo considerarlo come una variazione della posizione nel tempo. La stasi come invarianza della posizione nel tempo. La posizione è un concetto spaziale che prescinde dalla componente temporale.

Analogamente sono simili i concetti di *grandezza*, *lunghezza*, *larghezza*, *altezza*, *profondità*, *distanza*. Si tratta di porzioni di spazio.

Lesioni alla corteccia parietale posteriore generano tre tipi di deficit attenzionali. Si tratta della Emiinattenzione, della N.S.U. (Negligenza Spaziale Unilaterale) e dell'Estinzione sensoriale. Consideriamo le prime due.

“Emiinattenzione

Il paziente non riesce ad accorgersi di uno stimolo presentato a un lato del corpo o in un lato dello spazio

Il deficit può presentarsi in un ambito sensoriale o, simultaneamente, in diversi ambiti sensoriali

Negligenza spaziale unilaterale

Il paziente non riesce a rilevare e a esplorare il lato destro o quello sinistro di un oggetto o di un altro stimolo che è visto o toccato

Il paziente non riesce a rilevare e a esplorare le parti superiore o inferiore di un oggetto o di un altro stimolo che è visto o toccato (*negligenza altitudinale*)

Omissione di dettagli del lato destro o di quello sinistro di uno stimolo che è richiamato alla mente, come viene evidenziato da uno dei seguenti errori:

1) Il paziente riferisce verbalmente dettagli di un solo lato di un oggetto, di una scena o di un altro stimolo che è stato ricordato

2) Il paziente disegna solo una parte di un oggetto, di una scena o di un altro stimolo che è stato ricordato

3) Il paziente assembla tutti i dettagli da una sola parte di un oggetto, di una scena o di un altro stimolo che è stato tratto dalla memoria

Il lato dello stimolo che è ignorato dipende dalla direzione della quale è immaginato lo stimolo (per esempio, un paziente con negligenza spaziale unilaterale sinistra compatibilmente tralascia qualsiasi cosa si trovi a sinistra del suo punto di vista immaginato)

Il paziente non riesce a vestire il lato destro o quello sinistro del corpo, ma non entrambi (aprassia dell'abbigliamento)...”^v

Come si può constatare, ciò che differenzia la N.S.U dall'Emiinattenzione, è l'attivazione della *rappresentazione mentale* nella prima patologia; cosa che non avviene nella seconda.

Nella NSU, infatti, il neglect interessa scene o oggetti non solo visti ma anche immaginati.

Inoltre, nella NSU il neglect dipende dall'oggetto o dalla scena la cui parte è negletta. Cosa che non accade nella Emiinattenzione.

Pazienti affetti da NSU neglisono il fiore sinistro dinanzi ad una pianta con due fiori; neglisono la parte sinistra di un fiore dinanzi ad una pianta con un solo fiore.

E' lecito supporre che il primo atto attenzionale consista nella selezione di uno spazio parietale che non concerne alcun oggetto. La mente separa figura/sfondo di un ampio “quantum spaziale”.

Questa prima selezione è disturbata nella emiinattenzione. Il paziente omette, in questo primo atto attenzionale, una vasta porzione di campo visivo.

Questo atto selettivo accende neuroni *occipitali* con gli stessi campi recettivi. La scena e gli oggetti presenti nello spazio parietale sono intravisti.

A questo punto si ha un movimento saccadico che interrompe l'attenzione visiva e sposta l'attenzione sull'oggetto specifico. Segue un secondo atto attenzionale riguardante uno degli oggetti intravisti in precedenza. Tramite esso viene circoscritto lo spazio dell'oggetto. La separazione figura/sfondo in questo caso riguarda uno spazio più delimitato.

Questo secondo atto attenzionale può originarsi oltre che dalle informazioni provenienti dai recettori sensoriali anche dalle informazioni depositate in memoria relative all'oggetto memorizzato nella inferotemporale. In questo caso saranno le rappresentazioni mentali ad essere disturbate ed il neglect riguarderà oggetti e scene depositate in memoria.

Se la lesione è parietale si ha il neglect, se la lesione è temporale il paziente non riesce a costruire la rappresentazione mentale.

Relativamente alle aree posteriori, la *funzione attenzionale percettiva* riguarda esclusivamente la corteccia parietale. Quando parliamo di selezione attenzionale dei colori, della forma, della luminosità, non vuol dire che il processo riguarda direttamente la corteccia visiva primaria. L'attenzione percettiva si sposta nello spazio e circoscrive uno spazio. Le forme, i colori, il chiaro/scuro sono selezionati

indirettamente grazie all'organizzazione colonnare della corteccia ed ai campi recettivi uguali dei neuroni di ciascuna colonna.

Anche se la selezione attenzionale ed i movimenti attenzionali avvengono a livello parietale essi dipendono dalla consapevolezza percettiva della corteccia visiva primaria che informa la mente sui risultati dell'azione attenzionale.

In altre parole nella corteccia parietale viene selezionato e seguito con l'attenzione il "quantum spaziale". Nella corteccia occipitale si accendono automaticamente tutti i neuroni con i campi recettivi interni al "quantum spaziale". Questa accensione ci fa vedere nei dettagli tutto ciò che ricade all'interno del "quantum spaziale". Sulla base di questa consapevolezza percettiva, la corteccia prefrontale organizza i processi attentivi che coinvolgono la corteccia parietale.

Possiamo dire che la percezione occipitale è *determinata* dalla selezione attenzionale parietale, ma quest'ultima è *guidata* dalla percezione occipitale.

La funzione attenzionale

Supponiamo di guardare una persona con cui stiamo parlando. Possiamo soffermare la nostra *attenzione* sul volto, sugli occhi, sulle labbra...

Nell'ipotesi che la selezione attenzionale sia di origine prefrontale, come può la corteccia prefrontale dopo la selezione della porzione di spazio che corrisponde al volto, spostare l'attenzione agli occhi, alle labbra?

Verrebbe da dire che essa, collegata con la corteccia parietale su cui proiettano gli spazi determinati dall'organizzazione retinotopica, accende i neuroni corrispondenti al volto successivamente quelli corrispondenti agli occhi e dall'interazione tra corteccia prefrontale e corteccia parietale si origina la selezione attenzionale dello spazio relativo all'oggetto che vogliamo guardare e lo spostamento nello spazio della stessa attenzione.

Questa semplicistica ipotesi è inverosimile. Essa infatti richiederebbe che la corteccia prefrontale agisca come un homunculus che dirige il "faro attenzionale" nello spazio per delimitarne la parte da rendere cosciente.

Nel passare dalla percezione del volto a quella delle labbra si ha un restringimento focale dell'attenzione visiva, mentre nel passaggio dalla percezione delle labbra a quella degli occhi si ha uno spostamento dell'attenzione nello spazio. Nel primo caso, la selezione attenzionale modifica il "quantum spaziale"; nella seconda circostanza, la selezione attenzionale si sposta nello spazio.

Ambedue queste funzioni sono esercitate dal *circuito oculomotore*. Esso non agisce *direttamente* sullo spazio parietale ma ne determina la selezione *indirettamente*, agendo sugli organi preposti a raccogliere le informazioni visive, cioè gli occhi.

Il circuito oculomotore realizza la sua funzione sulla base delle informazioni spaziali che proiettano nella corteccia parietale e muovendo gli occhi e restringendo o ampliando il fuoco attenzionale, determina lo spazio parietale da selezionare.

Se l'oggetto è immobile, gli occhi ricevono il comando di rimanere immobili; se l'oggetto si muove, gli occhi ricevono il comando di seguire il movimento dell'oggetto.

Il circuito oculomotore è quindi il sistema attenzionale visivo. Esso effettua la semplice selezione di un "oggetto" immobile o in movimento che modifica la sua forma o la sua grandezza nel tempo, attraverso due importanti funzioni:

- a) determinazione dell'ampiezza dello spazio da selezionare rispetto allo sfondo
- b) mantenimento dell'attenzione visiva sull'oggetto fermo o in moto rispetto allo sfondo

Per esercitare la prima funzione il circuito oculomotore necessita delle informazioni spaziali fornite dalla corteccia parietale;

per esercitare la seconda funzione il circuito oculomotore necessita delle informazioni sulla stasi/movimento fornite dalla MST (area su cui proietta la MT).

Il circuito oculomotore, però, non si limita alla "selezione attenzionale" e al mantenimento dell'attenzione sull'oggetto selezionato.

Esso **costruisce** le *relazioni spaziali e temporali* dei costrutti mentali visivi (casa, cane, uomo, duro, triste, alto...) ottenuti dopo la selezione attenzionale.

Per chiarire come avviene questo facciamo alcuni esempi:
Supponiamo di osservare due quadri in successione.

Il sistema attenzionale motorio seleziona il primo oggetto (tramite il quantum spaziale), sposta l'attenzione nello spazio e seleziona il secondo oggetto.

Nel compiere questo passaggio il sistema motorio interrompe l'attenzione tramite rapidi movimenti saccadici. Può anche mantenere l'attenzione applicata sia durante la prima selezione, sia nel passaggio, sia durante la selezione del secondo oggetto.

Con questo semplice agire i due oggetti sono posizionati spazialmente l'uno rispetto all'altro nella loro stasi. La memoria di questa *posizione* si mantiene nella corteccia parietale.

Nella corteccia inferotemporale i rapporti di tipo temporale tra i due oggetti dipendono dall'azione del sistema attenzionale motorio.

Se questo sistema, nel passaggio tra la percezione del primo quadro alla percezione del secondo interrompe l'attenzione tramite un rapido movimento saccadico o semplicemente chiudendo e aprendo gli occhi, allora la corteccia inferotemporale registra i rapporti temporali prima/dopo dei due oggetti *immobili*; se il sistema attenzionale motorio non interrompe l'attenzione tra la percezione del primo e del secondo quadro, la corteccia inferotemporale registra la lunga durata della percezione che comprende la visione dei due quadri e della parete interposta tra l'uno e l'altro in una situazione di immobilità.

2) Supponiamo di guardare il viso di una persona.

Dopo la selezione attenzionale motoria che delimita il campo visivo, l'intero viso con le molteplici forme (occhi, naso, bocca, mento, fronte, capelli,...) viene registrato a livello modale in un rapporto di contemporaneità.

Se dal viso il sistema motorio restringe il campo visivo alla bocca interrompendo l'attenzione tra le due percezioni, il sistema modale memorizza il rapporto prima/dopo dei due percetti.

Lo spostamento dell'attenzione dagli occhi alle labbra al naso... posiziona i questi oggetti spazialmente. La memoria della posizione spaziale rimane nella corteccia parietale.

Se la persona sorride il sistema "stasi/movimento" memorizza il sorriso tramite il movimento oculare che lo accompagna.

A livello inferotemporale sono memorizzati i *tempi* relativi alla durata del sorriso ed al rapporto temporale tra il viso fermo ed il sorriso.

Nella corteccia parietale si memorizzano le relazioni *spaziali* tra le parti in movimento e quelle ferme.

3) Supponiamo di osservare un camaleonte mentre modifica il colore della sua pelle.

Il sistema percettivo motorio può mantenere l'attenzione senza interruzioni sull'animale. In questa circostanza a livello inferotemporale viene memorizzata l'intera sequenza temporale, cioè il variare del colore nel tempo.

Il sistema percettivo motorio può interrompere l'attenzione nel passaggio da un colore ad un altro. In questa circostanza a livello inferotemporale viene memorizzato il rapporto temporale prima/dopo dei due colori.

4) Supponiamo di guardare una foglia.

Dopo la selezione attenzionale, il sistema modale (inferotemporale) memorizza la contemporaneità di forma, colore e luminosità.

Se l'attenzione si indirizza al solo colore (sotto guida percettiva) il sistema motorio restringe il quantum spaziale.

Fatto analogo avviene con la luminosità che ha un proprio rapporto con la parte scura.

Si tratta di tre costrutti diversi (contorno, colore/colore, chiaro/scuro) con quanti spaziali diversi.

Sono convinto che se si registrano i movimenti oculari di una persona che osserva un oggetto spostando l'attenzione sulla forma, sul colore e sulla luminosità, si noterà che questi passaggi avvengono con rapidi movimenti saccadici che interrompono l'attenzione e con movimenti che restringono, ampliano e spostano il quantum spaziale.

Da quanto detto si evince che tramite il sistema attenzionale motorio applicato sulle informazioni provenienti dai recettori sensoriali la mente organizza l'esperienza su base posizionale e temporale. La corteccia parietale memorizza le posizioni spaziali, la corteccia temporale memorizza i tempi.

Il sistema attenzionale rappresentativo

Il sistema rappresentativo è la memorizzazione dei costrutti cognitivi attivati dal sistema percettivo motorio attenzionale. Si tratta di un sistema attenzionale autonomo rispetto a quello percettivo motorio.

Esso si attiva automaticamente durante la percezione e ci fa riconoscere la grandezza, la posizione (stasi/movimento) e le modalità.

Può attivarsi autonomamente e consentire la straordinaria facoltà di immaginazione.

Kosslyn^{vi} ha mostrato le caratteristiche e le capacità di questo sistema. Possiamo immaginare qualsiasi oggetto, anche più di uno, ed ingrandirlo, ruotarlo, spostarlo nello spazio confrontarne la grandezza con un altro...

Tutte queste attività si svolgono con tempi e modalità perfettamente coincidenti con quelle percettive. I due sistemi, quello percettivo e quello rappresentativo interagiscono in frazioni di secondo.

Si pensi alla circostanza nella quale ascoltiamo una persona parlare. Il sistema percettivo motorio ripartisce i molteplici suoni in frasi di senso compiuto. Se vogliamo selezionare attentionalmente una parola all'interno della frase appena ascoltata, utilizziamo il sistema rappresentativo per richiamare alla mente la frase e ripartirla in parole.

A differenza del sistema percettivo motorio che si attiva sulla base del "quantum spaziale", il sistema rappresentativo si attiva su base temporale.

Il procedimento è inverso rispetto alla percezione. Questa avviene secondo i passaggi: quantum spaziale→relazioni spaziali→relazioni temporali. La rappresentazione mentale avviene secondo la sequenza: (quantum temporale)relazioni temporali→relazioni spaziali→quantum spaziale

Quando percepiamo un oggetto, il processo di costruzione è di competenza del sistema attenzionale motorio (emisfero sinistro). L'oggetto con le sue relazioni compete all'emisfero destro; la rappresentazione mentale, ossia la facoltà di immaginare riguarda l'emisfero sinistro.

Il perché di questa dislocazione sarà chiarito in seguito quando avremo spiegato la struttura dei sistemi attenzionali motori.

I circuiti attenzionali motori

I circuiti attenzionali motori oltre all'importante funzione di spostare il corpo o segmenti corporei nello spazio hanno la funzione di supportare dall'esterno la funzione attenzionale percettiva consentendo di spazializzare, posizionare l'oggetto esterno, nonché stabilirne le relazioni temporali.

Per poter realizzare queste importanti funzioni è necessario che essi, abbiano il controllo completo di ogni parte del corpo.

Questo controllo completo ci suggerisce l'idea di chiamare l'insieme di questi circuiti: *sistema di autoconsapevolezza corporea*.

In ogni istante la mente è consapevole della posizione di ogni distretto corporeo rispetto agli altri e rispetto allo spazio esterno. In ogni istante la mente è in grado di variare questa posizione secondo le possibilità che le caratteristiche della specie consentono. Possiamo muovere un distretto corporeo dapprima fermo o tenere fermo un distretto corporeo prima in movimento.

La consapevolezza della posizione implica la possibilità di selezionare attentionalmente qualsiasi distretto corporeo.

La facoltà di selezione attenzionale è più dettagliata della capacità motoria. Quest'ultima, infatti, può realizzarsi solo tramite le articolazioni, che consentono di muovere parti abbastanza ampie del nostro corpo.

La facoltà di selezione attenzionale può riguardare porzioni più delimitate del corpo, come, per esempio, una zona circoscritta dell'avambraccio, che a livello motorio possiamo tener fermo o spostare per intero.

Il sistema di autoconsapevolezza corporea è formato da un gruppo di circuiti attenzionali percettivi interconnessi.

Per quanto riguarda gli esseri umani abbiamo: il circuito oculomotore, il circuito fonoarticolatorio, il circuito dei movimenti degli arti superiori, il circuito del fiuto, il circuito bucco/facciale, ed il circuito motorio generale.

I circuiti motori sono completi.

Essi hanno funzione percettiva del mondo esterno e come tali agendo sulle componenti spaziali dell'oggetto, possono selezionare i vari presenziati oggettivi.

Hanno anche funzione percettiva del proprio corpo e come tali agendo sulle componenti spaziali corporee possono selezionare i vari presenziati soggettivi.

A tal proposito, relativamente alla percezione aptica, le informazioni oggettive sono convogliate lungo la via *colonne dorsali-lemnisco mediale* (liscio/ruvido, duro/molle...); le informazioni soggettive sono convogliate lungo la via *anterolaterale* (forma, dolore, caldo/freddo...).

I circuiti motori attenzionali hanno sia funzione percettiva del proprio corpo sia funzione rappresentativa del proprio corpo.

Consideriamo la stasi/movimento. A livello rappresentativo corrisponde alla *facoltà di tenere fermo o muovere* qualsiasi distretto corporeo. A livello percettivo corrisponde alla *consapevolezza* della posizione della stasi e del moto di ciascun distretto corporeo.

La consapevolezza percettiva della posizione della stasi e del moto è data dalle informazioni provenienti dai recettori sensoriali e dai fusi neuromuscolari.

La facoltà di tenere fermo o muovere qualsiasi distretto corporeo è data dai circuiti motori che comprendono corteccie premotorie, corteccia motrice primaria, cervelletto e gangli della base.

Questi concetti sono importanti alla luce della teoria che andiamo esponendo.

Di solito non si pensa al *movimento* come una *funzione rappresentativa*.

Secondo me, esso è una *anticipazione* della posizione che i distretti corporei assumono l'uno rispetto all'altro e rispetto allo spazio esterno dei loro movimenti e delle loro stasi.

L'informazione sulla "reale" posizione, movimenti e stasi dei distretti corporei proviene dalle informazioni sensoriali e neuromuscolari.

Anche il *quantum spaziale* può essere rappresentato o percepito.

Nel momento in cui teniamo fermo o muoviamo un arto, stasi/movimento e quantum spaziale sono rappresentati mentalmente.

Se, per esempio, vogliamo prendere un oggetto, muoviamo mano e braccio.

Nel fare ciò anticipiamo istante per istante la posizione del braccio e della mano ci rappresentiamo mentalmente lo spazio corporeo in moto ed immobile.

Relativamente alla percezione dell'oggetto esterno, abbiamo detto che la selezione del colore, della forma, della grandezza, della luminosità tramite i dettagli fini della via del "che cosa" avviene indirettamente. L'attenzione selettiva percettiva, infatti, si realizza nella corteccia parietale dove avviene la differenziazione figura/sfondo (sistema magnocellulare).

L'attenzione si sposta nella "corteccia parietale".

I neuroni del sistema "parvo" si attivano automaticamente grazie all'organizzazione in colonne delle cellule cerebrali.

Per quanto riguarda l'autoconsapevolezza corporea il meccanismo è analogo. L'attenzione si sposta a livello parietale. La sensazione di duro/molle, caldo/freddo, dolore, si origina direttamente dopo la selezione del "quantum spaziale" corporeo. Anche in questo caso è il sistema colonnare della corteccia somatosensitiva primaria, a consentire questo processo.

Il sistema attenzionale percettivo/motorio, come abbiamo visto, consta di due componenti.

Si tratta della componente motoria e della componente percettiva.

La componente motoria (o di stasi) si attiva sulla base delle informazioni percettive

Percezione e rappresentazione

Adesso siamo in grado di spiegare il funzionamento generale della mente umana.

Essa agisce sulla base di due sistemi attenzionali. Si tratta dei sistemi attenzionali motori e dei sistemi attenzionali rappresentativi.

I sistemi attenzionali motori si attivano su base rappresentativa e supportano la percezione degli oggetti consentendo l'organizzazione spaziale, posizionale e temporale del mondo esterno.

Tale organizzazione è memorizzata nelle corteccie associative parietale (posizione) e temporale (tempi).

Sulla base di questa organizzazione il sistema attenzionale rappresentativo può richiamare alla mente quanto percepito; addirittura, questo sistema, non essendo vincolato dalle informazioni provenienti dal "mondo esterno" può costruire mentalmente oggetti o animali mai percepiti o percepibili.

L'emisfero sinistro è dominante per funzioni rappresentative; attiva quindi tutti i sistemi motori e le varie rappresentazioni.

L'emisfero destro è dominante per la percezione.

La memoria

Le aree primarie

Nelle cortecce percettive primarie è conservata la memoria degli “oggetti” spazializzati percepiti. Si tratta di una memoria costruttiva. 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..., 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.

Dopo la selezione attenzionale parietale i costrutti primari diventano consapevoli.

Ad ogni oggetto corrisponde una specifica combinazione di neuroni spazialmente organizzati che si occupano di forma, colore, luminosità, duro/molle, liscio/ruvido, suono, stasi/movimento, posizione, grandezza...

La memoria di queste combinazioni di neuroni è conservata nelle aree primarie.

La corteccia temporale

La corteccia temporale è un’area di proiezione delle aree primarie. Essa è organizzata tramite popolazioni di neuroni su cui convergono le combinazioni di neuroni delle cortecce primarie che si occupano del medesimo oggetto in una singola modalità.

Se per esempio guardiamo un animale che si avvicina, l’area F4 si occupa dei colori, le aree MT e MST del movimento, l’area V3 della forma^{vii}. L’organizzazione per campi recettivi dei neuroni, nonché la loro dislocazione in colonne organizzate retinotopicamente ci fa apparire l’animale nella sua integrità. Tutte queste aree proiettano su più popolazione di neuroni della corteccia inferotemporale, che rappresentano la memoria dell’animale in moto.

Possiamo immaginare la corteccia temporale come un magazzino ripartito in vari scomparti contenenti cassette dentro cui si conservano le parti degli “oggetti” percepiti. Ad ogni cassetto corrisponde una popolazione di neuroni che codifica la combinazione giusta di neuroni delle aree primarie in cui è memorizzata la costruzione delle componenti oggettuali.

La corteccia temporale, però, non può essere soltanto questo. Se fosse, infatti, un semplice magazzino, chi mette dentro ed estrae dal magazzino stesso gli oggetti che devono essere ricordati?

Dobbiamo pensare ancora una volta ad un homunculus che agisce come magazziniere della corteccia temporale medesima.

Questo magazziniere, inoltre, deve agire secondo logica. Se infatti conservasse gli oggetti a caso, avrebbe difficoltà a ritrovarli. Raggruppando, invece, nello stesso scomparto gli oggetti appartenenti alla stessa categoria, per esempio le lettere dell’alfabeto con relativi allomorfi, avrebbe più facilità a riprenderli.

La corteccia temporale, quindi, oltre ad essere un deposito di “oggetti”, deve consentire la soluzione delle tre funzioni del magazziniere e cioè *l’immissione dei dati*, il loro *ordine*, il loro *recupero*.

Neuroscienze e neuropsicologia

Prima di spiegare come avviene la funzione di “magazziniere” è opportuna una digressione.

Lo studio della mente avviene fondamentalmente a due livelli di indagine. Nel primo livello gli argomenti riguardano: neuroni, nuclei di trasmissione, talamo, recettori sensoriali, potenziale d’azione, campi recettivi, organizzazione colonnare, organizzazione retinotopica, somatotopica. Questo è il livello delle neuroscienze.

Nel secondo livello gli argomenti vertono su: memoria, concetti, linguaggio, relazioni spaziali, aprassia, afasia, ...

Questo è il livello della neuropsicologia.

Le neuroscienze trattano in prevalenza argomenti conosciuti, dimostrati, su cui c’è accordo tra gli studiosi.

La neuropsicologia, al contrario, si occupa di problemi ancora irrisolti, su cui divergono le opinioni e le cui teorie vengono rapidamente confutate dopo la loro formulazione.

Questa differenza è dovuta al fatto che gli argomenti principali relativi alle neuroscienze riguardano funzioni nervose i cui meccanismi possono essere spiegati studiando i singoli neuroni o gruppi ristretti di essi; gli argomenti di neuropsicologia, al contrario, riguardano funzioni mentali i cui meccanismi non si riescono a spiegare tramite le attività dei neuroni.

Ad esempio, si conoscono i *meccanismi* con cui il cervello, utilizzando nuclei di trasmissione con neuroni eccitatori e inibitori, espleta la *funzione* di accentuare i contrasti delle informazioni percettive provenienti dai recettori periferici.

Non si conosce, però, attraverso quale meccanismo sono conservate in memoria le esperienze pregresse; oppure, attraverso quale meccanismo attenzionale selezioniamo un oggetto e ne scartiamo un altro.

Per elaborare una teoria sul funzionamento della mente bisogna sapere le funzioni di base, nonché i meccanismi di base per mezzo dei quali vengono espletate quelle funzioni. Le due conoscenze devono integrarsi come avviene per la conoscenza dei vari organi e sistemi del corpo umano

Trovare i meccanismi per mezzo dei quali si conserva la memoria degli oggetti, si sogna, si parla, è trovare un collegamento tra i neuroni e il pensiero. Si tratta del passaggio dal fisico al mentale.

Le varie teorie elaborate dagli studiosi della Scuola Operativa Italiana che si propongono di spiegare il funzionamento della mente sulla base di funzioni attenzionali, non contengono alcuna ipotesi sui meccanismi dell'attenzione, meccanismi che vanno chiariti a livello cerebrale.

Affermare che, tramite l'attenzione "effettuiamo la selezione di un *presenziato* scartandone altri", oppure che "l'attenzione si sposta", oppure che "la memoria strutturante tiene insieme vari momenti attenzionali a più livelli" non chiarisce alcunché sui meccanismi di base.

Costruire una teoria senza spiegare *come* combinazioni di neuroni e la loro organizzazione generano le funzioni mentali equivale a costruire un gigante dai piedi d'argilla.

I processi cognitivi di cui abbiamo parlato finora e le attività mentali che abbiamo ipotizzato richiedono specifici meccanismi. Di questo ci occupiamo in questa seconda parte del saggio

Meccanismi neuronali

I neuroni si caratterizzano per il fatto che trasmettono quattro caratteristiche dello stimolo. Esse sono: la posizione, il tempo, il potenziale d'azione (o intensità), la modalità.^{viii}

Per spiegare una o più funzioni cognitive attraverso meccanismi neuronali non possiamo staccarci da queste quattro caratteristiche riguardanti le interazioni delle cellule nervose.

Qualsiasi ipotesi travalichi questi limiti è inaccettabile proprio perché va al di là della natura stessa dei neuroni.

Possiamo dire che il cervello per le sue funzioni cognitive ha poche frecce al suo arco. Ciò di cui abbonda sono le connessioni tra le singole cellule che assommano all'incirca alla sbalorditiva cifra di dieci alla dodicesima.

Le conoscenze delle neuroscienze relative ai meccanismi di base riguardano aree subcorticali e corticali. Di quest'ultime, però, si conoscono meccanismi di base con funzioni cognitive quasi esclusivamente delle aree primarie. I meccanismi con cui agiscono le aree prefrontali e le corteccie associative sono pressoché sconosciuti.

I meccanismi neuronali spesso utilizzano tutte e quattro caratteristiche dello stimolo (posizione, tempo, intensità e modalità) per realizzare la funzione cui sono preposti.

In generale possiamo affermare che la *posizione* dello stimolo è sfruttata dall'organizzazione con cui sono *localizzati* tanto i recettori periferici quanto le colonne della corteccia cerebrale.

Per quanto riguarda l'*intensità* di scarica dei neuroni sappiamo che può essere modificata tramite processi di *amplificazione* e di *inibizione*, grazie all'intervento di interneuroni eccitatori o inibitori.

Relativamente ai *tempi*, le scariche di popolazioni di neuroni avvengono secondo precisi rapporti temporali. Inoltre i segnali che da vie diverse giungono ad un neurone possono essere *ritardati* ed *anticipati* variando la lunghezza degli assoni delle cellule efferenti.

Questo è quanto succede ai segnali uditivi che giungono in tempi *diversi* ai recettori delle due coclee. Sfruttando differenti lunghezze di assoni, gli stessi segnali arrivano *contemporaneamente* alle cellule delle colonne di somministrazione e di soppressione della corteccia uditiva primaria.

La *modalità* è la componente fondamentale dei processi cognitivi.

Si distinguono cinque modalità generali: tatto, vista, udito, olfatto e gusto. Ciascuna di esse è ripartita in varie submodalità.

I recettori sensoriali si differenziano sulla base delle informazioni dello stimolo che devono trasmettere. Per esempio i nocicettori che trasmettono stimoli dolorifici sono diversi dai fotorecettori (coni e bastoncelli) che trasmettono stimoli di luce, nonché dai chemocettori del gusto (bottoni gustativi) che trasmettono stimoli chimici.

I recettori sensoriali sono neuroni di primo ordine.

Nel suo viaggio verso la corteccia ed all'interno della corteccia stessa, lo stimolo passa attraverso neuroni di ordine superiore. Questa serie di passaggi consente una *elaborazione* dello stimolo, che *modifica* la sua componente modale.

A tal proposito ricordiamo gli studi di Hubel e Wiesel relativi alla *corteccia visiva primaria* risalenti agli anni settanta.^{ix}

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

L'anticipazione temporale come processo cognitivo di base

Siamo giunti al punto fondamentale di questo scritto.

Qui vogliamo ipotizzare un meccanismo alla base di importanti processi cognitivi. Questo meccanismo collega fisico e mentale e mostra non solo *cosa* fa la mente ma anche *come* fa.

Partiamo da un fenomeno mentale (cognitivo) di cui è stata proposta una spiegazione *fisica* (a livello cioè di popolazioni di neuroni).

E' ben documentato il fatto che la velocità con la quale le persone riconoscono il significato delle parole dipende da molti fattori. "Alcuni di questi riguardano caratteristiche delle parole che sono indipendenti dal contesto: per esempio parole che sono utilizzate con più frequenza sono riconosciute più velocemente di quelle utilizzate di rado. Altri fattori riguardano il contesto in cui le parole sono presentate. Per esempio parole precedute da parole di significato simile sono riconosciute più velocemente di quelle precedute da significato estraneo (*priming semantico*)"^x

Oltre alla frequenza, la velocità di riconoscimento è influenzata dalla ripetizione: parole presentate più volte in una sessione di prove sono riconosciute sempre più rapidamente.

Per quanto riguarda il fenomeno del *priming semantico*, sono state proposte alcune spiegazioni. Secondo Collings e Loftus il *prime* (prima parola presentata) prepara il terreno al *target* (parola di cui si misura la velocità di riconoscimento) grazie ad un meccanismo che è stato definito *diffusione dell'attivazione*. Si ritiene che questo meccanismo operi nell'ambito di una memoria organizzata a *rete semantica*, all'interno della quale sono stabilite delle relazioni tra concetti. Quando viene recuperato un concetto, per esempio "rosa" sono resi più salienti anche i concetti collegati semanticamente, come "fiore", "giglio" o associativamente come "rosso". L'attivazione dei concetti così collegati è inversamente proporzionale alla loro distanza all'interno della rete. Questo processo è automatico, precedente il riconoscimento vero e proprio e quindi *pre-lessicale*...

Secondo Posner e Snyder, ai processi pre-lessicali si affiancano processi post-lessicali di tipo attenzionale, che dipendono dall'aspettativa che si crea quando si cerca di anticipare attivamente il significato della parola *target* sulla base della parola *prime*.^{xi}

Partendo dall'ipotesi di Collings e Loftus possiamo spiegare la seconda "funzione del magazziniere" e cioè quella dell'ordine con cui i dati sono immagazzinati nella corteccia temporale. Si tratta di un ordine temporale.

Una informazione percettiva, proveniente dalla corteccia visiva primaria giunge nella corteccia inferotemporale.

Essa utilizza questa informazione per anticipare la percezione successiva preattivando neuroni che codificano gli ipotetici percetti su base probabilistica

Intanto la corteccia visiva primaria proietta in quest'area associativa la seconda informazione. Essa costituisce la verifica alle ipotesi probabilistiche.

In questo modo il cervello effettua una ipotesi/verifica.

Il processo di anticipazione è automatico. Esso avviene sulla base dell'esperienza pregressa.

Chiariamo questo processo con un esempio.

Supponiamo di leggere la parola "cibo". Dopo aver percepito e riconosciuto la lettera "c", nella corteccia inferotemporale si attivano le popolazioni di neuroni che memorizzano le lettere "a", (ca), "e" (ce), "i" (ci), "o" (co), "u" (cu), "h" (ch), "l" (cl), "r" (cr).

La preattivazione di queste lettere che seguono la "c" dipende dall'esperienza del soggetto. Più volte egli ha percepito e memorizzato la sequenza "c-a", più rapidamente alla percezione della "c" sarà preattivata la "a".

La verifica avviene nel momento in cui l'informazione percettiva sulla lettera seguente la "c", giunge dalla corteccia visiva primaria.

In questo modo abbiamo spiegato le prime due *funzioni del magazzino* e cioè: chi immette i dati, chi organizza i dati.

L'immissione dei dati avviene per mezzo del sistema attenzionale percettivo oculomotore; l'organizzazione dei dati avviene tramite un meccanismo automatico di ipotesi/verifica, basato sui rapporti temporali dei "presenziati".

Resta da chiarire la terza *funzione del magazzino*, e cioè chi recupera l'informazione dal magazzino.

Il recupero dell'informazione è ovvio che avvenga con meccanismi analoghi a quelli dell'organizzazione dei dati.

Nell'immagazzinamento si attivano la corteccia percettiva primaria (con l'aiuto del sistema attenzionale motorio) e la corteccia temporale.

Nel recupero si attivano corteccia prefrontale e corteccia temporale.

La domanda da porsi è: come imparano corteccia prefrontale e corteccia temporale ad effettuare il recupero?

L'apprendimento avviene in modo semplice.

Ritorniamo all'esempio precedente.

Dopo aver letto la lettera "c" della parola "cibo", informazione sulla lettera percepita e riconosciuta, giunge alla corteccia prefrontale che, sulla base dell'esperienza pregressa *ipotizza* quale lettera seguirà la "c".

Si tratta di una ipotesi probabilistica su base temporale. Tante più volte è apparsa la "a" dopo la "c", tanto più probabilmente la seconda lettera sarà la "a".

La corteccia prefrontale accende popolazioni di neuroni della corteccia temporale che memorizzano la "a" ed in successione probabilistica quelli che memorizzano la "e", la "o"...

La verifica sulla correttezza dell'*ipotesi* prefrontale si ha quando la corteccia percettiva primaria invia l'informazione "reale" della seconda lettera che segue.

Come si può constatare il meccanismo è analogo al precedente. La sola differenza è che nel primo erano coinvolte corteccia primaria e temporale, nel secondo vi è l'intervento anche della corteccia prefrontale.

Se il riconoscimento avviene con il solo coinvolgimento corteccia primaria/corteccia temporale, qual è la necessità del secondo meccanismo che attiva anche la corteccia prefrontale?

Il motivo è dato dal fatto che la mente deve poter "estrarre" dal magazzino l'informazione contenuta.

Tale compito deve essere "appreso". Tramite questo meccanismo la mente impara ad "estrarre" informazione dal magazzino della memoria.

Tale "estrazione" avviene attraverso l'esperienza percettiva che informa la mente sulla frequenza temporale con cui ad un presenziato ne segue un altro. Sulla base di questa frequenza istante per istante la mente impara ad estrarre dal magazzino l'oggetto adeguato a quello che si è estratto una frazione di secondo prima.

Supponiamo di andare incontro ad una persona. L'immagine che la corteccia visiva primaria costruisce possiamo definirla come "essere umano maschile adulto". La lontananza, infatti, ci impedisce di cogliere quei dettagli che ci consentirebbero di capire l'età presunta, la corporatura, il colore degli occhi,...

Avvicinandoci alla persona la percezione diviene più dettagliata e concomitantemente ad essa le cortecce prefrontale/temporale effettuano ipotesi, istante per istante, sul variare nel tempo della figura.

Ipotesi confermate o smentite una frazione di secondo successiva.

Possiamo affermare che esse stanno imparando attraverso un processo di prova/errore a ricostruire l'intera sequenza percettiva.

Il succedersi delle percezioni arricchisce di dettagli la figura prima indeterminata, tanto da poterla individualizzare. Essa è specifica di quel singolo individuo.

A livello prefrontale e inferotemporale sono registrati i vari mutamenti dell'immagine nel tempo, acquisiti secondo il processo di ipotesi/verifica. Inoltre la costruzione ipotetica che precede quella "reale", consente alla mente di imparare ad attivare, autonomamente rispetto al sistema percettivo, le immagini mentali.

La mente, con questo meccanismo ha imparato non solo che da una figura indeterminata vista in lontananza, con l'avvicinamento, si susseguono figure sempre più dettagliate; ha imparato anche ad attivare i meccanismi giusti per poter ricostruire mentalmente l'intera sequenza.

Lo stesso procedimento si ha quando una persona o un animale o un oggetto si allontana da noi.

A livello percettivo, il susseguirsi delle figure, che vanno da un maggior ad un minor dettaglio, è preceduto da ipotesi di immagini che istante per istante, precedono la figura "reale".

Il sistema attenzionale rappresentativo nel suo attivare le immagini mentali, precede di una frazione di secondo il sistema attenzionale percettivo nella sua costruzione delle figure "reali".

In tal modo il sistema attenzionale rappresentativo impara a costruire sequenze di immagini mentali corrette.

Riepilogando.

Tramite la corteccia percettiva primaria e la corteccia temporale impariamo a *riconoscere* gli oggetti, le azioni, le scene.

Questa funzione avviene tramite un processo di preattivazione temporale dell'immagine che seguirà.

Tramite la corteccia temporale e la corteccia prefrontale impariamo a *ricostruire* l'accaduto.

Questa funzione avviene tramite un processo di preattivazione dell'immagine che seguirà.

La nostra memoria a livello di modalità è strutturata su rapporti temporali.

Può questo semplice meccanismo spiegare i dati sperimentali che abbiamo acquisito dopo lunghe ricerche sulla organizzazione della memoria?

Consideriamone alcuni.

Sappiamo che pazienti cerebrolesi hanno deficit specifici per categorie di oggetti. Per esempio, alcuni non riconoscono alcun tipo di animale mentre sono integre le altre categorie.

Inoltre, questi soggetti, dinanzi alla figura di un cammello non sanno dire cos'è, però se si chiede loro di dire quale di due immagini corrisponde ad un "animale", riescono a rispondere in modo corretto.

Essi riconoscono la categoria generale di animale ma si smarriscono nello specificare di quale animale si tratta.

Questi dati ci mostrano che la memoria conserva meglio i concetti generali.

Supponiamo di intravedere in un film una "figura" in lontananza.

Le ipotesi attivate dalle due cortecce inferotemporale e prefrontale sull'immagine che seguirà nel tempo, si sviluppa sulla base delle probabilità. E' lecito supporre che le seguenti ipotesi abbiano un ordine decrescente di probabilità: animale, felino, leone, Mufasa (il re leone).

Le ipotesi che le cortecce prefrontale e inferotemporale ipotizzano nel tempo sulla base delle probabilità in ordine decrescente va dal generale al particolare.

Se Mufasa si allontana le cortecce prefrontale e inferotemporali ipotizzano le categorie inverse: Mufasa, leone, felino, animale.

Qui c'è da fare una considerazione. Si può obiettare che mentre Mufasa si allontana, sappiamo che si tratta sempre di lui. Le cortecce inferotemporali non hanno quindi alcunché da ipotizzare.

In effetti, quello che le cortecce inferotemporali ipotizzano è semplicemente la caratteristica visiva dell'immagine che si presenta nel tempo.

Parlare di felino, leone,... non è altro che *interpretare*, tramite il linguaggio le immagini che via via si presentano. Questa è però una funzione metacognitiva.

Lo spazio

Il meccanismo ipotizzato per spiegare come vengono immagazzinate e recuperate le informazioni modali della corteccia temporale può essere utilizzato anche per spiegare l'immagazzinamento e il recupero delle informazioni spaziali relative alla *grandezza*, alla *stasi/movimento* e *posizione*.

Abbiamo già detto che nella corteccia parietale proiettano le informazioni spaziali costruite, in ambito visivo, tramite l'organizzazione retinotopica dei recettori sensoriali della vista.

Consideriamo, per semplicità la *distanza* di un "percepto" rispetto al nostro punto di osservazione.

Supponiamo di osservare una macchina che si avvicina (modifica la sua posizione). Essa “si ingrandisce” istante per istante, al diminuire della distanza che ci separa.

Si possono ipotizzare, anche in questo caso, due meccanismi di ipotesi/verifica, il primo con funzione di riconoscimento, il secondo con funzione di “recupero” dell’informazione.

Il primo meccanismo coinvolge corteccia visiva primaria e corteccia parietale, il secondo coinvolge anche la corteccia prefrontale (dorsolaterale).

Istante per istante nella corteccia parietale l’informazione sulla grandezza dell’oggetto e il diminuire della distanza da noi attiva popolazioni di neuroni che, sulla base delle esperienze pregresse, costituiscono l’ipotesi della grandezza immediatamente successiva dello stesso oggetto e della sua distanza (il riconoscimento avviene a livello inferotemporale).

L’informazione spaziale, proveniente dalla corteccia visiva primaria verifica la fondatezza dell’ipotesi parietale. Questo ai fini del *riconoscimento* della grandezza e della distanza.

Parallelamente, l’informazione spaziale dalla corteccia parietale giunge nella corteccia prefrontale, la quale sulla base dell’esperienza pregressa ipotizza quale sarà la grandezza e la distanza nell’istante successivo dell’oggetto percepito.

Questa ipotesi si concretizza in due modi.

- 1) la corteccia prefrontale dorsolaterale accende neuroni parietali sulla base della sua ipotesi che può venire confermata o smentita dalla percezione “reale”.
- 2) La corteccia prefrontale dorsolaterale attiva neuroni premotori che guidano la focalizzazione visiva sull’ipotesi di come sarà la grandezza l’istante successivo.

La prima modalità consente alla mente di imparare a ricostruire mentalmente la grandezza degli oggetti. Siamo nel campo della *rappresentazione mentale*.

La seconda modalità ha *funzione attenzionale*. Serve ad attivare il movimento di *vergenza* che allinea gli occhi per consentire la fissazione di oggetti posti a distanze diverse dall’osservatore. In questa circostanza la mente impara a guidare i movimenti oculari in modo corretto ai fini percettivi.

Possiamo adesso rispondere alla domanda “Cosa è l’attenzione percettiva visiva”?

Per la mente l’attenzione percettiva visiva è una *ipotesi* relativa alla posizione, grandezza, stasi/movimento del “percepto” che sta per seguire un precedente “percepto” già riconosciuto.

Sulla base di questa ipotesi, le aree premotorie organizzano i movimenti corretti degli occhi con cui si convoglia l’attenzione in un dato punto dello spazio.

Le conseguenze percettivo/visive dei movimenti oculari sono verificate attraverso l’immagine del “percepto” che seguirà.

La modularità

Come aveva ipotizzato Fodor^{xii} e come dati sperimentali hanno confermato il cervello è organizzato per moduli. Ciascun modulo è costituito da uno specifico circuito che si occupa di un aspetto parziale della conoscenza.

In ambito spaziale esistono circuiti diversi per la “grandezza”, la “stasi/movimento” e la “posizione” degli oggetti.

Se consideriamo, per esempio il sistema oculomotore esso è ripartito in quattro sottosistemi con funzioni diverse.

- a) il sistema optocinetico che stabilizza gli occhi nello spazio quando il movimento del capo determina lo spostamento dell’immagine di tutta la scena visiva
- b) il sistema di movimento lento di inseguimento che provvede a mantenere sulla fovea l’immagine dei bersagli visivi in movimento
- c) il sistema saccadico che orienta la fovea verso oggetti che suscitano interesse
- d) il sistema del movimento di vergenza che allinea gli occhi per consentire la fissazione di oggetti posti a distanze diverse dall’osservatore. I bersagli visivi che si avvicinano agli occhi diventano sfuocati e vengono messi a fuoco per mezzo della contrazione del muscolo ciliare, che modifica il raggio di curvatura del cristallino. Questo processo viene detto accomodazione. Accomodazione e convergenza sono processi reciprocamente collegati^{xiii}

Per osservare un oggetto che si muove nella nostra direzione si attiva il sistema di accomodazione e convergenza.

Per osservare un oggetto in movimento trasversale si attiva il sistema di movimento lento di inseguimento.

Nel caso in cui stiamo leggendo e passiamo dalla lettura lettera per lettera, alla lettura lessicale (l'intera parola vista con un'unica fissazione) attiviamo il sistema di accomodazione e convergenza che amplia lo spazio della percezione mantenendosi costante la distanza dall'osservatore.

Se dall'osservazione di un oggetto passiamo alla percezione di un secondo oggetto posto ad una certa distanza dal primo, attiviamo il sistema saccadico.

Queste attività mentali si realizzano attraverso un unico meccanismo di base, che agisce utilizzando circuiti diversi o l'interazione di più circuiti. Il meccanismo di base è quello sopra descritto basato sull'ipotesi/verifica.

La corteccia prefrontale dorsolaterale effettua una ipotesi di posizione in due modi.

Nel primo modo semplicemente attiva neuroni parietali che codificano la posizione ipotizzata dell'oggetto sulla base della posizione precedente (rappresentazione mentale).

Questa attivazione è acquisita dall'esperienza che si realizza istante dopo istante.

Nel secondo modo, la corteccia prefrontale dorsolaterale attiva neuroni premotori che organizzano i movimenti oculari per la percezione dell'oggetto nella posizione ipotizzata, e verificata dalla successiva percezione.

Anche questo secondo processo è memorizzato tramite l'esperienza che si realizza istante dopo istante.

Livelli modulari

Gli innumerevoli circuiti modulari di cui si serve la mente per le sue funzioni cognitive sono anche organizzati per livelli.

Alcuni moduli agiscono a livelli superiori rispetto ad altri.

Questo risulta evidente nel caso della lettura.

Se leggiamo la parola "strudel" (un dolce altoatesino), dopo aver letto "str" la mente nelle sue anticipazioni, tiene conto delle prime tre lettere già percepite non dell'ultima da sola.

Nella lingua italiana, infatti la "u" dopo "str" (strumento, struzzo...) è meno frequente della "u" dopo "r". (rupe, rude, ruvido,...).

Il meccanismo di "anticipazione" agisce per gradi passando da un livello "inferiore" ad un livello "superiore".

Ogni parola si costruisce passando da un livello all'altro. Il livello più basso è quello nel quale l'anticipazione avviene sulla base di un singolo percelto precedente ("s" percepita, "t" anticipata); il livello più alto è quello che chiude la serie delle ipotesi/verifica con il riconoscimento dell'intera parola ("strad" percepita "a" anticipata).

Per quanto riguarda un singolo oggetto, il livello più basso riguarda la percezione/anticipazione generale, il livello più alto riguarda la percezione/anticipazione particolare.

Se stiamo cominciando a leggere uno scritto ipotizziamo di percepire una "lettera". In questa circostanza si attiva l'intero magazzino della memoria che codifica le lettere conosciute ed i loro allografi.

Dopo aver visto la lettera "s" la mente ipotizza non solo la lettera che segue ma anche il carattere che dovrebbe essere analogo a quello della lettera precedente.

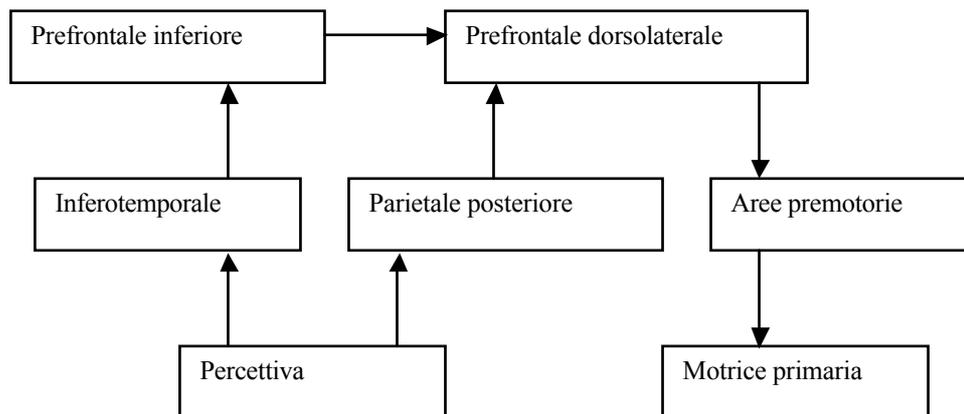
Sempre in ambito linguistico, è opportuno differenziare il livello lessicale dal livello semantico.

Supponiamo di leggere la frase: "Ricordati di portarmi il libro che ti ho prestato".

Dopo aver letto: "Ricordati di portarmi il libro che ti ho p..., la mente anticipa l'intera parola "prestato".

Riportiamo adesso alcuni modelli che schematizzano alcune delle più importanti funzioni cognitive

Schema attenzionale percettivo visivo riguardante aree corticali (semplificato)



Supponiamo che sia stata letta la sequenza di lettere “strad” di “strada”

La corteccia prefrontale dorsolaterale ha ricevuto due “input”. Il primo dalla corteccia parietale posteriore che l’ha informata sulla “posizione, grandezza e stato” dell’ultima lettera “d”; il secondo “input” è giunto dalla prefrontale inferiore. Essa ha dato l’ok allo spostamento dell’attenzione nello spazio a destra, poiché la percezione della lettera “d” è conforme alle aspettative.

Sulla base delle esperienze pregresse, la corteccia prefrontale dorsolaterale struttura il movimento oculare adeguato, *postulando* che la nuova lettera avrà la dimensione della precedente, sarà immobile e si troverà a destra della “d”.

Contemporaneamente la corteccia prefrontale inferiore e inferotemporale ipotizzano che la nuova lettera sarà la “a” ed in subordine la “e” (strade) o la “i”, (stradina, stradicciola).

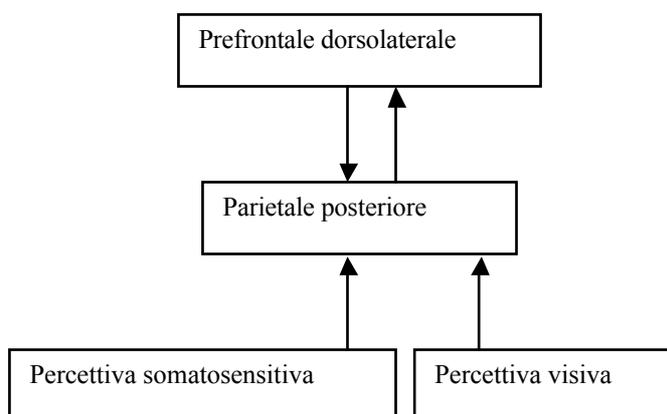
Il movimento oculare, organizzato dalle aree premotorie e realizzato dalla motricità primaria, sposta l’attenzione sulla “a” che viene percepita.

Dalla corteccia percettiva si diramano due input riguardanti la via del “che cosa” (inferotemporale) e la via del “dove” (parietale posteriore). Esse portano le informazioni modali (forma, colore, chiaro/scuro) e quelle spaziali (grandezza, posizione, stasi/movimento).

L’input modale giunge alle cortecce inferotemporale e prefrontale inferiore. L’input spaziale giunge alle cortecce parietale posteriore e prefrontale dorsolaterale.

Ricevute queste due informazioni, sulla base delle esperienze pregresse il circuito si attiva nuovamente.

Concomitantemente a questo circuito *percettivo motorio* agisce un sottocircuito *percettivo rappresentativo*



Questo secondo circuito si occupa della “posizione” degli occhi rispetto alle cavità orbitali, al capo e all’oggetto esterno da percepire.

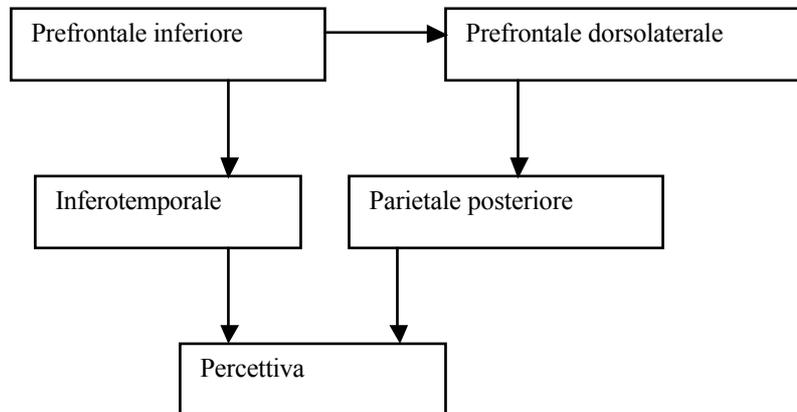
Anch’esso funziona su base ipotesi/verifica.

La corteccia prefrontale dorsolaterale ipotizza la “posizione” degli occhi nell’istante successivo, sulla base dei dati “reali” forniti dalla corteccia percettiva somatosensitiva (rispetto alle orbite ed al capo).

Ipotizza inoltre la posizione degli occhi rispetto all'oggetto esterno sulla base dei dati "reali" forniti dalle cortecce primarie somatosensitive e visive.

Sulla base di queste ipotesi contribuisce al movimento degli occhi in concomitanza al circuito percettivo motorio.

Oltre a questo secondo circuito, nell'atto della percezione visiva, si attiva un terzo circuito. Si tratta del circuito *attenzionale rappresentativo visivo*



Questo circuito ci consente di richiamare alla mente azioni ed eventi già percepiti o di immaginarne nuovi. Esso si "esercita" a questa funzione durante la percezione anche se, ovviamente, può agire in modo autonomo.

Nell'atto della percezione, le cortecce prefrontale inferiore e inferotemporale ipotizzano le componenti modali (forma, colore, chiaro/scuro) dell'immagine che seguirà; la corteccia prefrontale dorsolaterale e parietale posteriore ipotizzano le componenti spaziali (posizione, grandezza e stasi/movimento). La corteccia percettiva fornisce la verifica alle previsioni.

Durante la sola rappresentazione mentale, manca la verifica percettiva e le scene e gli eventi si susseguono temporalmente sulla base dell'esperienza pregressa.

Tanto nell'atto percettivo, quanto in quello rappresentativo, in questo circuito, l'ipotesi modale precede quella spaziale.

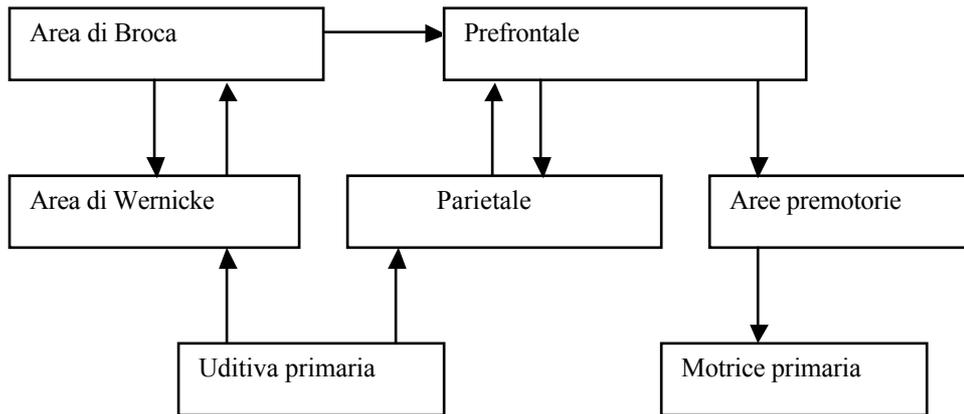
Eloquio spontaneo

Il circuito rappresentativo può agire come supporto al circuito motorio. Questo accade quando parliamo spontaneamente.

Nell'eloquio spontaneo, infatti, il recupero in memoria della pronuncia delle parole avviene tramite il circuito rappresentativo. Esso si attiva tramite l'area di Broca e l'area di Wernicke per quanto concerne la componente modale.

Per quanto riguarda la componente spaziale ritengo che siano presenti, analogamente a quanto abbiamo visto per il sistema percettivo motorio, due circuiti.

Il primo concerne la memoria della "posizione" dei suoni nello spazio esterno all'atto del nostro parlare; il secondo riguarda la memoria della "posizione" e della "stasi/movimento" degli organi fonoarticolatori, l'uno rispetto all'altro ed all'insieme.



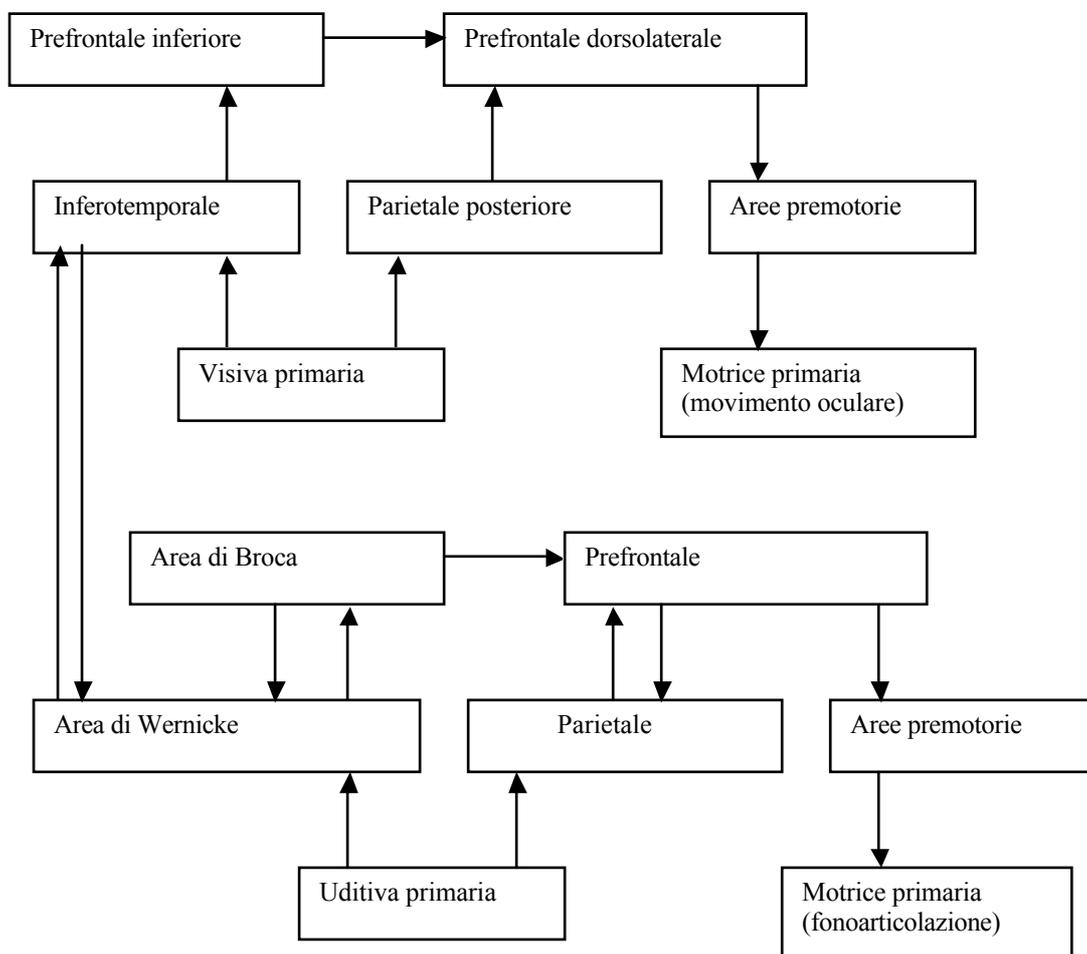
Le due frecce che collegano l'area di Broca e l'area di Wernicke indicano il flusso di informazione che riguarda la componente rappresentativa (Broca _ Wernicke), nonché la componente percettiva (Wernicke _ Broca)

Analogamente le due frecce che collegano la corteccia parietale e la corteccia prefrontale indicano il flusso di informazione che riguarda la componente rappresentativa (prefrontale _ parietale), nonché la componente percettiva (parietale _ prefrontale)

Letture

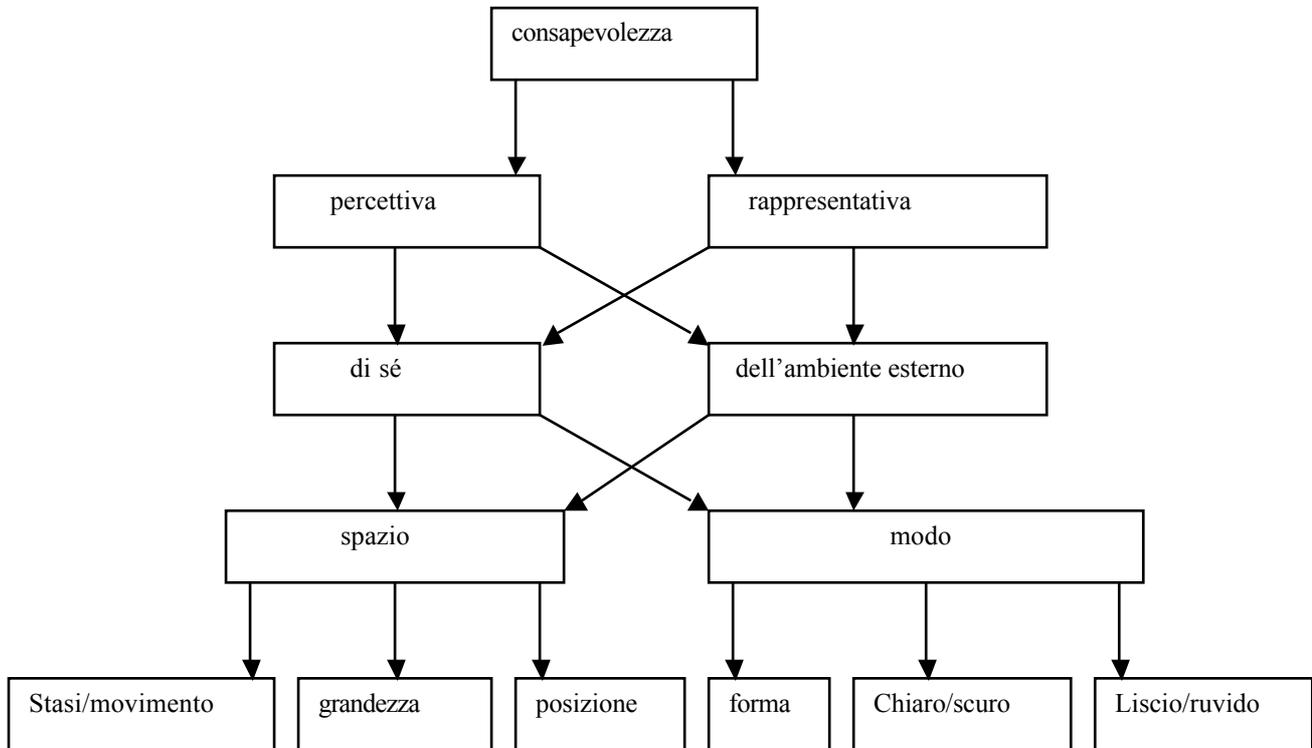
Durante la lettura ad alta voce agiscono in sincronia due circuiti. Si tratta del circuito percettivo motorio visivo e del circuito rappresentativo fonoarticolatorio

Essi si collegano l'uno all'altro tramite la memoria visiva del lessico scritto conservate nella corteccia inferotemporale e la memoria uditiva del lessico orale conservata nell'area di Wernicke.



Il modello sovrastante non tiene conto delle aree subcorticali, dei circuiti relativi alla posizione degli occhi e degli organi fonoarticolatori. Inoltre manca la componente semantica che riguarda la funzione metacognitiva di cui ci occuperemo in un altro saggio.

Vediamo adesso un modello relativo ai diversi gradi di consapevolezza delle funzioni attenzionali.



Il modello va così interpretato.

Le funzioni attenzionali sono atti di consapevolezza.

La consapevolezza può essere di tipo percettivo o rappresentativo.

Ambedue le tipologie di consapevolezza possono riguardare il proprio corpo o l'ambiente esterno.

Si ha consapevolezza percettiva e rappresentativa dello spazio e delle modalità.

Le componenti spaziali essenziali sono: stasi/movimento, grandezza, posizione; tra le innumerevoli componenti modali ricordiamo: forma, chiaro/scuro, liscio/ruvido.

Partendo da una componente spaziale abbiamo.

La posizione è una componente spaziale e non modale.

Può riguardare una parte del proprio corpo o un oggetto esterno.

Può, inoltre, essere percettiva o rappresentativa. Ciò vuol dire che possiamo immaginare

(rappresentazione) o percepire la posizione di un corpo nello spazio.

Infine tanto la percezione quanto la rappresentazione sono atti di consapevolezza.

Leonardi Salvatore

E-mail: salvatoreleonardi10@virgilio.it

ⁱ E. R. Kandel, T. M. Jessell (1991) *Il tatto* in **Principles of Neural Science** by E. Kandel, J.H. Schwartz T. M. Jessell Elsevier Science Publication Co.

ⁱⁱ C. Mason, E. R. Kandel (1991) *Le vie visive centrali* in **Principles of Neural Science** by E. Kandel, J.H. Schwartz T. M. Jessell Elsevier Science Publication Co.

-
- ⁱⁱⁱ G. Vaccarino (1981) *Analisi dei significati* Armando Editore Roma.
- ^{iv} C. Mason, E. R. Kandel (1991) *Le vie visive centrali* in **Principles of Neural Science** by E. Kandel, J.H. Schwartz T. M. Jessell *Elsevier Science Publication Co.*
- ^v Anthony Y. Springer (1996) *A guide to adult neuropsychological diagnosis* published by F. A. Davis Philadelphia Pennsylvania U.S.A.
- ^{vi} Stephen Michael Kosslyn (1983): **Ghosts in the mind's machine** *Creating and Using Images in the Brain* W.W. Norton and Co., New York
- ^{vii} E. R. Kandel(1991) *La percezione del movimento del senso della profondità e delle forme* in **Principles of Neural Science** by E. Kandel, J.H. Schwartz T. M. Jessell *Elsevier Science Publication Co.*
- ^{viii} John H. Martin (1991) *Codificazione ed elaborazione delle informazioni sensoriali* in **Principles of Neural Science** by E. Kandel, J.H. Schwartz T. M. Jessell *Elsevier Science Publication Co.*
- ^{ix} D. H. Hubel, T. N. Wiesel (1979) *Eye, Brain and Vision* New York: Scientific American Library
- ^x M. De Vincenti R. Di Matteo (2004) *Come il cervello comprende il linguaggio* Editori Laterza Bari
- ^{xi} M. De Vincenti R. Di Matteo (2004) *Come il cervello comprende il linguaggio* Editori Laterza Bari
- ^{xii} J. A. Fodor (1983) *modularity of Mind* MIT Press Cambridge (Ma).
- ^{xiii} M. E. Goldberg, H. M. Eggers, P. G. Gouras (1991) *Il sistema oculomotore* in **Principles of Neural Science** by E. Kandel, J.H. Schwartz T. M. Jessell *Elsevier Science Publication Co.*