

Dislessia Amica

Livello Avanzato

www.dislessiaamica.com

dislessiaamica@aiditalia.org



Funzioni esecutive: aspetti neuro-funzionali

Dr. Sergio Messina



Luria

“Come funziona il cervello”

1973

“ L’uomo non agisce solo passivamente alle informazioni che riceve, ma suscita in sé delle **intenzioni**, formula **piani e programmi** per il proprio agire, **controlla** il proprio operato e **regola il proprio comportamento** in modo tale che esso sia conforme ai piani; infine **verifica** la propria attività cosciente **confrontando** gli effetti delle sue azioni con i programmi originali e **correggendo** gli eventuali errori.”



Le funzioni esecutive

La letteratura internazionale ritiene le
**Fe maggiormente predittive di un
buon rendimento scolastico** rispetto
a parametri più classici come il QI



Con l'ingresso a scuola ai bambini per l'acquisizione della letto-scrittura e del calcolo sarà necessario:

- carico cognitivo progressivamente crescente
- utilizzare maggiori risorse per lavorare, elaborare e processare mentalmente una serie di dati crescenti al fine di vedere e apprendere nuove connessioni tra gli elementi anche attraverso strategie di autocontrollo



Definizioni

- E' un insieme di processi/meccanismi che facilitano l'adattamento a situazioni nuove (Burgess e Cooper, 1996; Shallice 1988)
- Sistema per la programmazione, la regolazione e il monitoraggio del comportamento (Lurija)
- Specifiche abilità impiegate nell'organizzare il proprio comportamento nello spazio e nel tempo necessarie per raggiungere uno scopo o portare a compimento una intenzione (Temple,1997)



FE da un punto di vista Neuropsicologico

La capacità di eseguire un compito solo dopo avere riflettuto sulla sequenza di operazioni necessarie per portarlo a termine e, in caso di errore, di modificarne la sequenza, inibendo le risposte sbagliate



Le Funzioni Esecutive si interessano del

Come fare

e non del

Cosa fare



I compiti delle FE

- Inibire le risposte automatiche
- Spostare l'attenzione
- Mantenere il controllo emotivo
- Iniziare un compito
- Memoria di lavoro
- Formulare ipotesi
- Pianificare
- Organizzare il contesto
- Monitorare, rilevare errori e correggerli
- Flessibilità cognitiva



Le Funzioni Esecutive

Consentono di pianificare e monitorare le azioni necessarie per raggiungere un determinato scopo

Tre Processi Esecutivi fondamentali

- ✓ Rappresentazione mentale del compito e dell'obiettivo da raggiungere
- ✓ Inibizione di risposte irrilevanti al compito
- ✓ Pianificazione dell'attività

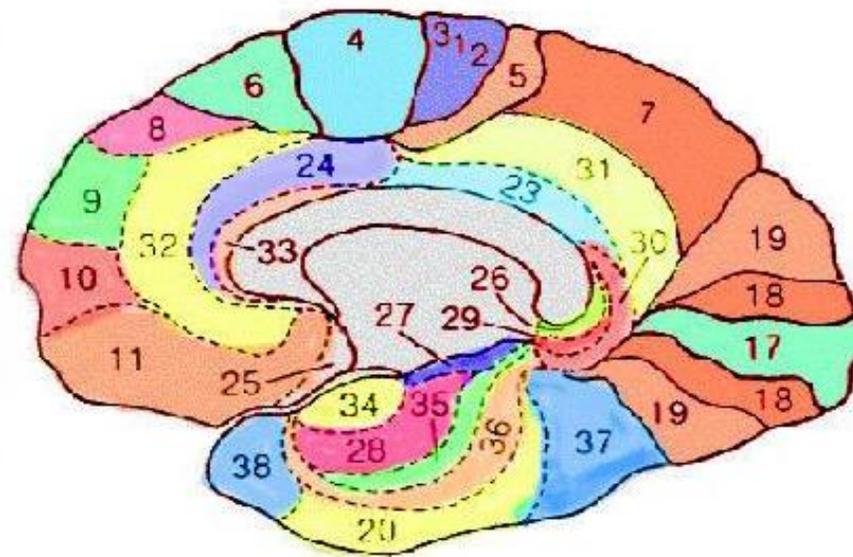
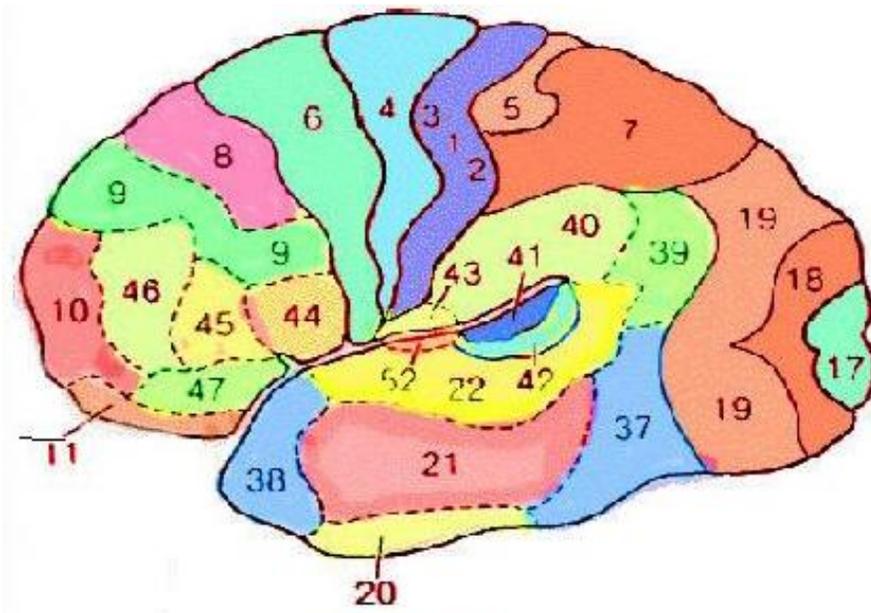
Molti disturbi dello sviluppo vedono compromesse abilità come la pianificazione, il monitoraggio, l'inibizione dell'impulso, la flessibilità esecutiva



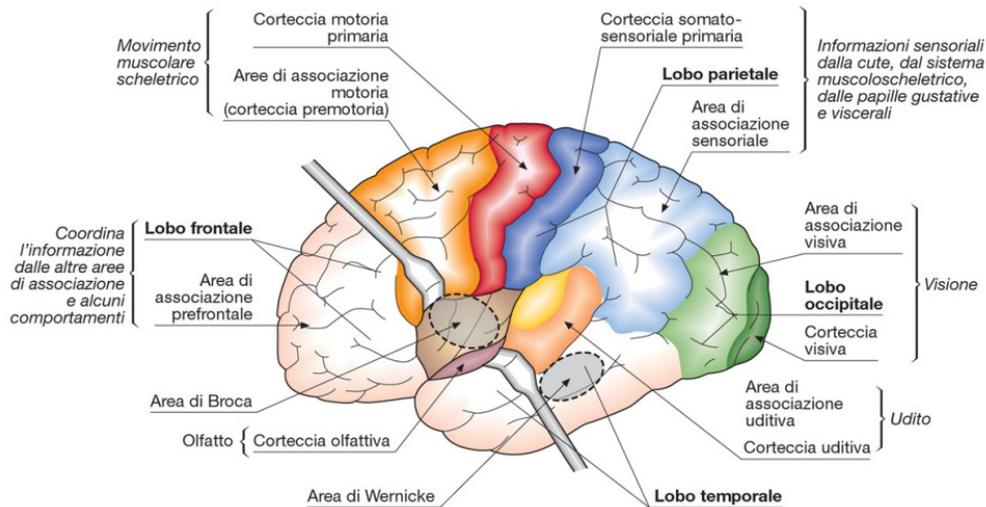
I lobi frontali

- Una volta i lobi frontali, e la parte prefrontale in particolare, erano denominati dai neurologi **la regione "silente" del cervello**, perché un danno in queste aree non creava deficit immediatamente rilevabili dal punto di vista clinico, in contrasto con quello che succede invece in altre aree.
- Si pensava alle strutture frontali come un blocco monolitico, oggi è chiaro che è possibile frazionare funzionalmente le loro sub-aree.
- È solo negli ultimi 50 anni che questa regione del cervello è stata ampiamente studiata
- Famoso è il caso dei pazienti frontali di Lhermitte (1983), i quali non riuscivano a frenare l'istinto di utilizzare gli oggetti dell'ambiente, anche quando questo era inappropriato. Alla vista di un bicchiere pieno d'acqua sulla scrivania del loro medico, essi afferravano il bicchiere e cominciavano a bere, anche dopo che gli era stato esplicitamente chiesto di non farlo.





Il lobo frontale



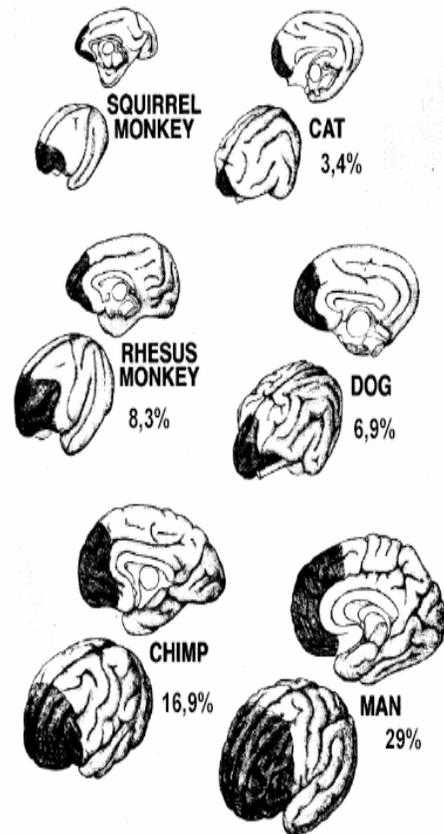
- **Tradizionalmente associato all'attenzione**, intesa come capacità di avvertire eventi che accadono nell'ambiente esterno e reagirvi.
- E' maggiormente coinvolto **nell'attenzione selettiva** (capacità di percepire solo alcuni generi di eventi, trascurandone altri), soprattutto quando questa è indirizzata volontariamente dal soggetto



I lobi frontali e soprattutto le aree pre-frontali sono quelle più sviluppate nell'uomo rispetto agli altri animali, sono anche quelli onto-geneticamente e filo-geneticamente più giovane.



Corteccia Pre-Frontale e Sviluppo Ontogenetico

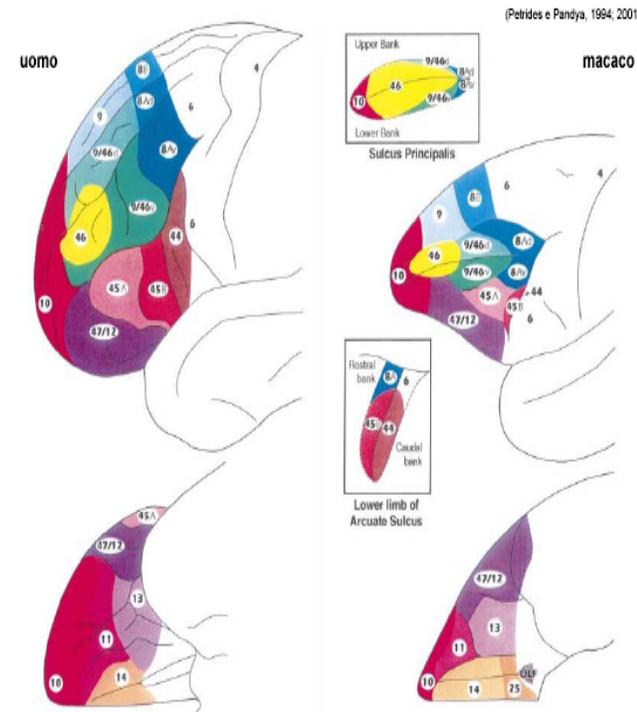


Corteccia prefrontale

Funzioni esecutive e metacognitive:

- Programmazione
- Problem solving
- Insight
- Automonitoraggio
- Presenza decisionale
- Astrazione
- Integrazione temporale degli eventi

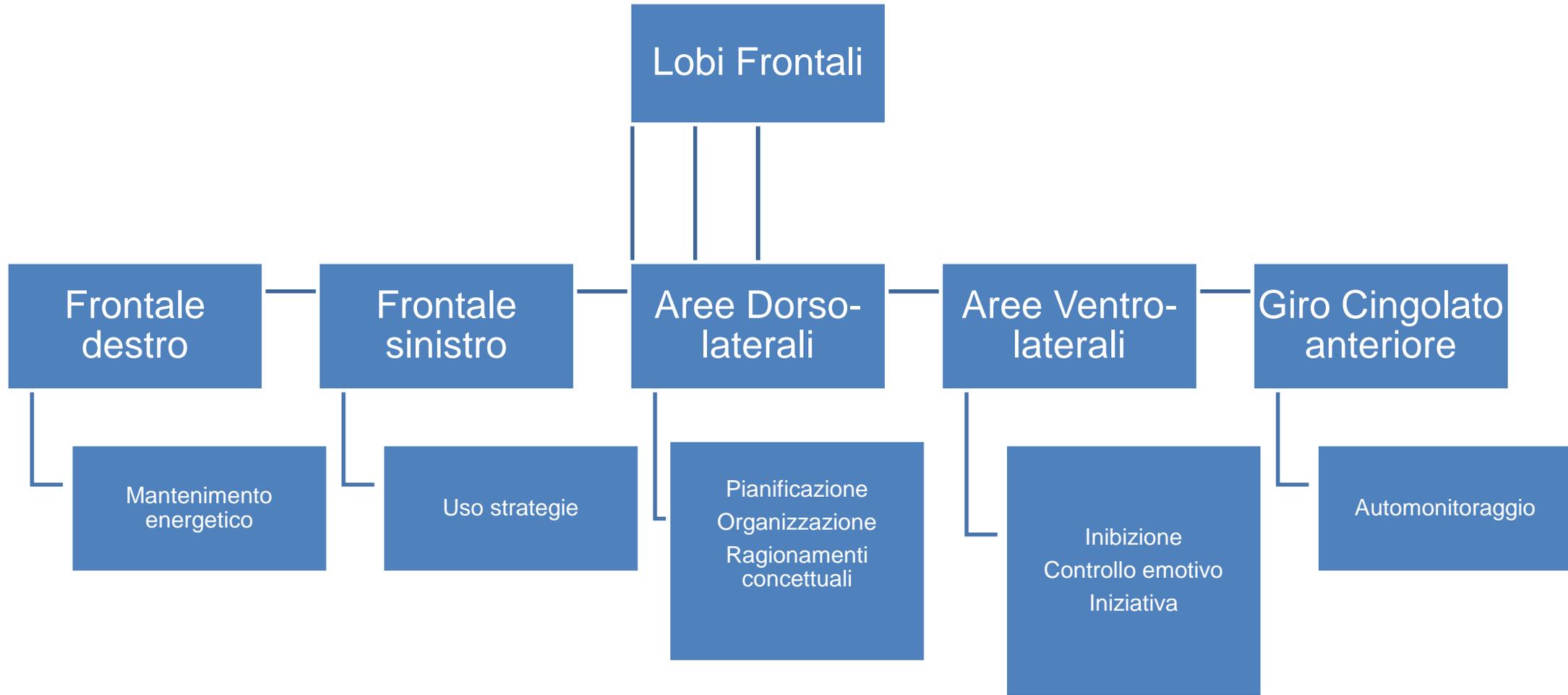
"Teoria della mente"



- Maggiore estensione porzione mediale della corteccia prefrontale dorsolaterale
- Aumento dimensioni area 10
- Aumento dimensioni della porzione parvocellulare del nucleo talamico dorsomediale (NMD)

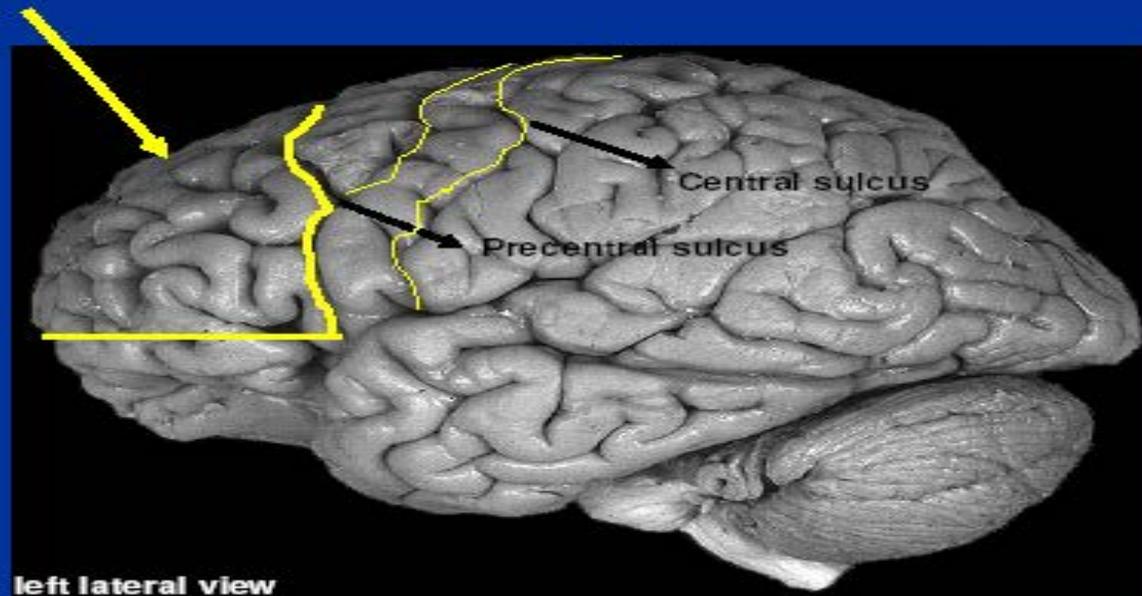


Suddivisione neurofunzionale dei Lobi Frontali



Pianificazione, Organizzazione Temporale dei comportamenti, Ragionamento concettuale

DorsoLateral Prefrontal Cortex (DLPFC)



Il settore dorsolaterale è la regione critica per le funzioni esecutive

- Gran parte di quel che si sa sulle funzioni frontali si basa su pz con disfunzione alla DLPFC
- I processi cognitivi controllati dalla DLPFC formano la base del sistema esecutivo

(Goldman-Rakic, 1987; Damasio, 1985; Milner, 1963)



La Corteccia Pre-frontale dorso-laterale e le FE Fredde

- Le Funzioni Esecutive connesse alla Corteccia Prefrontale dorso-laterale sono state denominate in più modi:
- Zelazo e Mueller, 2002 le definiscono Funzioni Esecutive "Fredde", poiché permettono un'elaborazione cognitiva e controllata, quindi lenta, delle informazioni
- Ardila, 2008 le definisce Funzioni Esecutive "Metacognitive"
- Permettono un controllo attento e deliberato del comportamento



FE Fredde: Nodo cognitivo regolatore

- Elaborazione cognitiva controllata e cosciente delle informazioni (Problemi astratti)
- Manipolazione delle informazioni verbali e visuo-spaziali: Porzione dorso-laterale
- Mantenimento in memoria: Porzione ventro-laterale
- Selezione e flessibilità del compito (Task switching): Giro frontale superiore
- Includono la memoria di lavoro, la pianificazione, la flessibilità cognitiva, l'inibizione, il problem solving e la generazione di strategie.

Test

- Trail Making Test (Reitan, 1958),
- Wisconsin Card Sorting Test (Grant e Berg, 1948)
- La Torre di Londra (Shallice, 1982)
- Test di Stroop (Stroop, 1935).



Secondo il modello di Miyake e coll. (2000)
le componenti delle funzioni esecutive sono **3**



Inibizione

Capacità di inibire
impulsi e
informazioni
irrilevanti



Memoria di lavoro

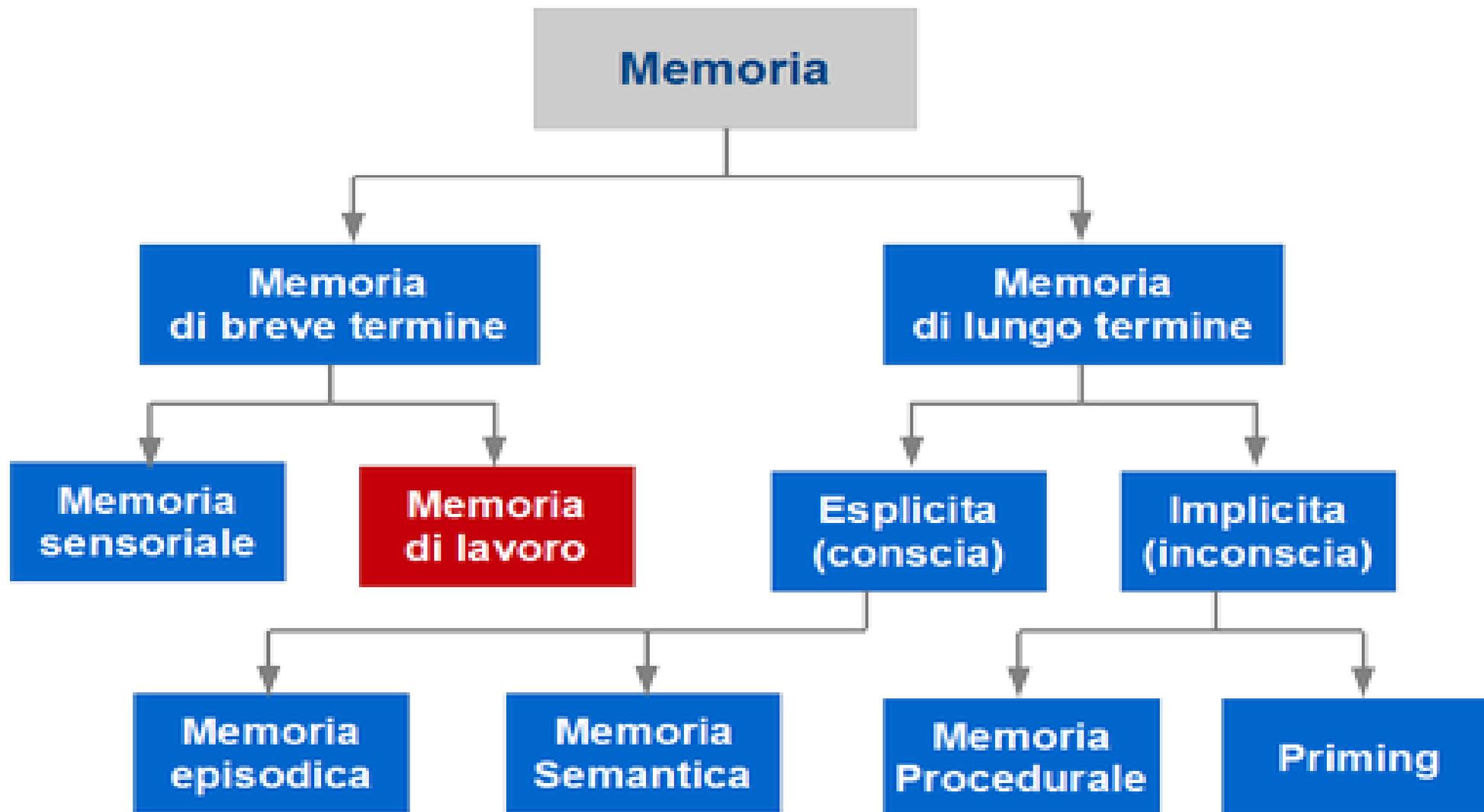
Capacità di mantenere in
memoria informazioni e
manipolarle per brevi periodi
di tempo



Flessibilità di risposta

Capacità di attuare
comportamenti diversi in base al
cambiamento di regole o del
tipo di compito





Differenze tra memoria a breve termine e working memory

MBT

- Immagazzina passivamente le informazioni
- È dominio specifica (visuospaziale o verbale)
- Non ha funzioni di controllo
- Può operare indipendentemente da memoria a lungo termine

WM

- Immagazzina e **processa** le informazioni
- È **meno dominio specifica**,
- Ha relazioni più strette con apprendimento e funzioni cognitive
- Ha **funzioni esecutive**
- Si **collega** a strutture della memoria a lungo termine



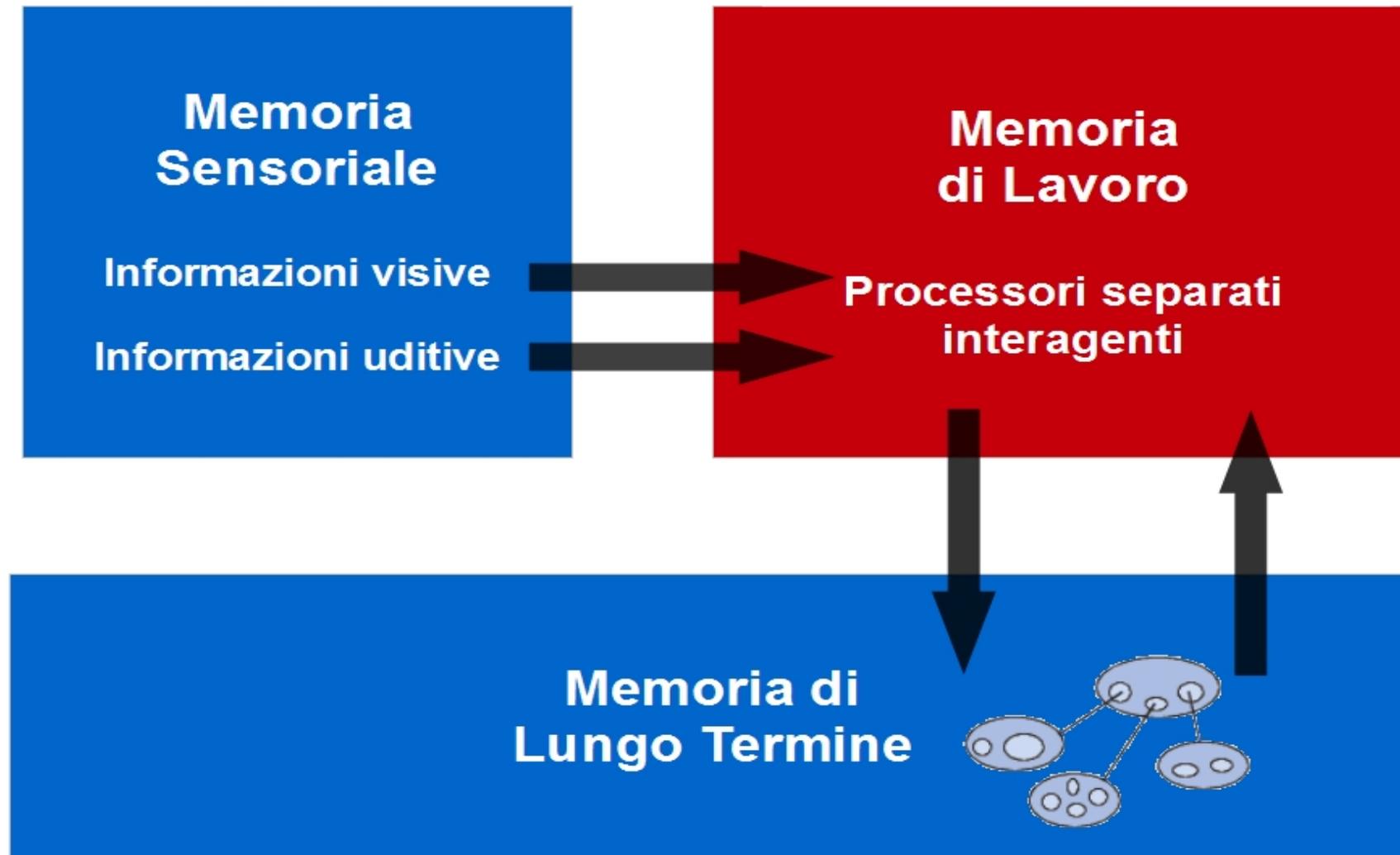
Memoria di lavoro

- Sistema multi-componenziale con funzione di Immagazzinamento e Manipolazione delle informazioni in maniera funzionale all'elaborazione cognitiva
- Ruolo fondamentale in attività cognitive complesse quali la Comprensione ed il Ragionamento
- Attiva e mantiene elevato il livello mentale, il piano e l'area di lavoro, e consente di avere un set di riferimento sul quale operare mentalmente
- Aree Neuro-funzionali coinvolte :
- DLPFC nel controllo e manipolazione dell'informazione (Owen 1996);
- VPFC: meno chiaro, mantenimento on-line, controllo interferenze, Inibizione (D'Esposito 2000)



Gestisce gli stimoli provenienti dai sensi, e si estingue in:
0,5sec (Visiva) e
3 sec (Uditiva)

Gestisce le informazioni che riceve Contemporaneamente dai sensi in numero massimo di 9, e si estingue in circa 70msec



Gestisce conoscenze e capacità accumulate in forma gerarchica-strutturata



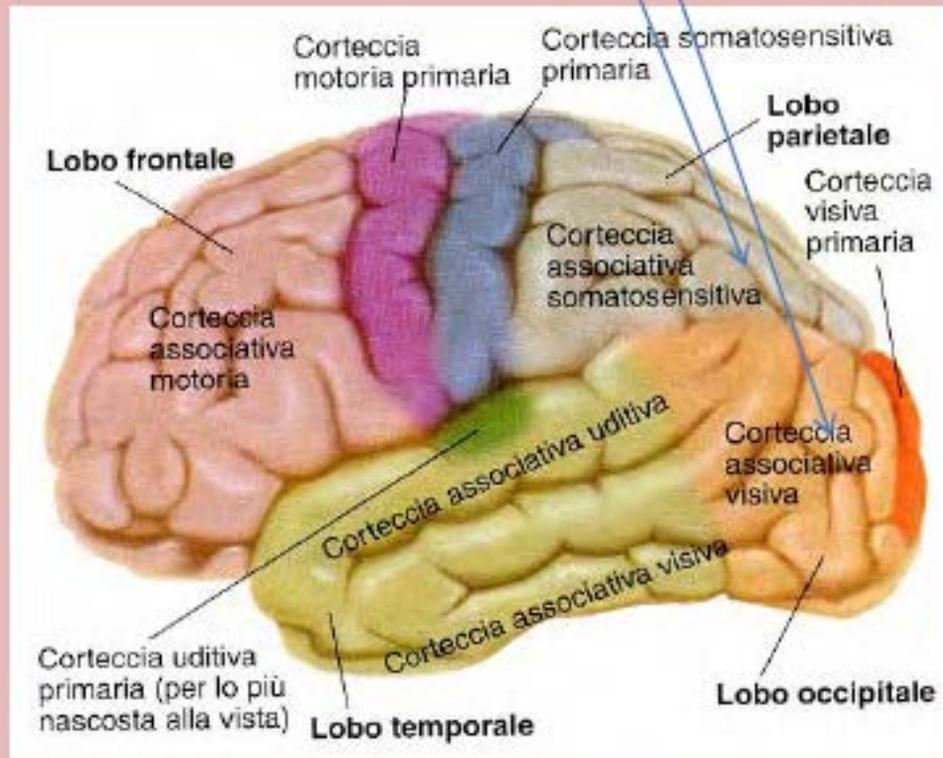
Modello della Memoria di Lavoro (Baddeley 2000)

Aggiunge al modello originario un terzo componente costituito dalla memoria episodica (Tampone episodico) nel quale vengono aggregate informazioni spaziali, visuali e verbali sequenziate in storie complete di senso.

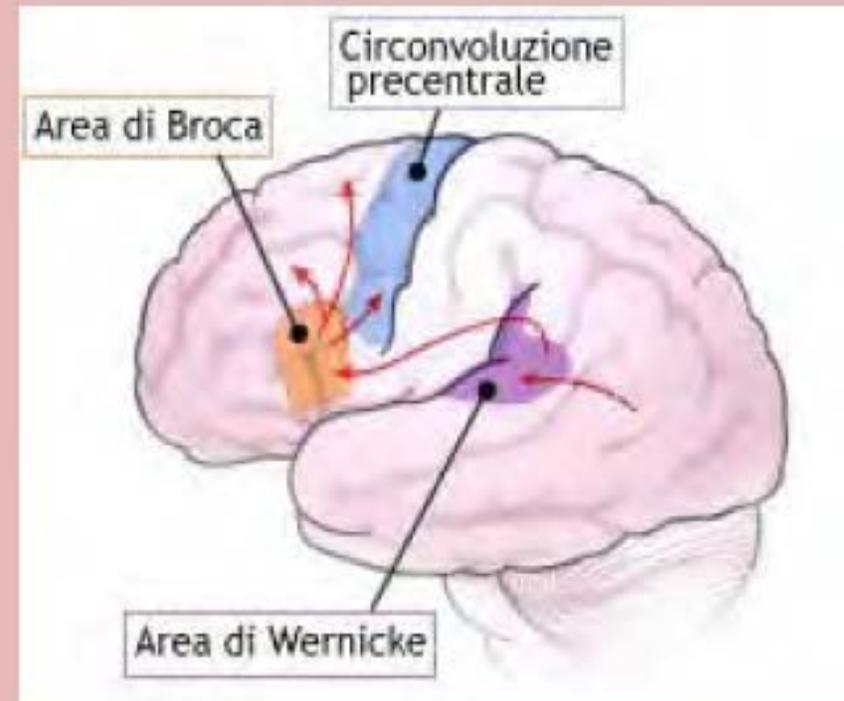


Aree cerebrali correlabili al modello teorico di Baddeley

Visuo-spatial sketch-pad corteccia occipitoparietale **destra**



Loop fonologico: lobo temporale **sinistro**



Sistema esecutivo centrale

- Elaborare e selezionare strategie volontarie e coscienti
- Dispone della maggior parte delle risorse del sistema
- Supervisione, coordinazione ed Integrazione delle informazioni provenienti dai due Sottosistemi "schiavi" (*slave system*), regolando e controllando la loro attività
- Integra le informazioni con quelle contenute nella MLT
- Manipola a rappresentazione risultante

Quattro funzioni principali

1. Focalizzare l'attenzione su stimoli rilevanti, ignorando quelli distraenti (**Attenzione selettiva**)
2. Rendere possibile lo svolgimento di più attività simultaneamente attraverso la ripartizione e la coordinazione delle risorse disponibili (**Attenzione divisa**)
3. Permettere **spostamenti dell'attenzione** tra differenti focus set di risposte in prove che richiedono flessibilità cognitiva
4. **Recuperare temporaneamente informazioni conservate nella MLT** ed utili per rispondere alle richieste dell'ambiente



Attenzione

L'insieme dei processi che costituiscono la funzione cognitiva di selezione ("filtro") dell'informazione.

Diversi tipi

Temporale ("Quando"): capacità di selezionare nel tempo un qualsiasi evento;
esempio, pronto? Via!

Spaziale ("Dove"): capacità di selezionare una posizione nello spazio;
esempio, stai attento a destra!

Selettiva ("Che cosa"): capacità di selezionare una caratteristica degli stimoli;
esempio, stai attento all'auto rossa!

Sostenuta ("Per quanto"): capacità di mantenere nel tempo una selezione spaziale
esempio, stai attento a destra per 30 minuti!
e/o di una caratteristica degli stimoli;
esempio, stai attento all'auto rossa per 30 minuti!



Per "stare attenti"

È necessario che il cervello attivi diverse funzioni
come

l'Orientamento

la capacità di Controllare ed Inibire le risposte automatiche a stimoli esterni, ossia le risposte "impulsive"

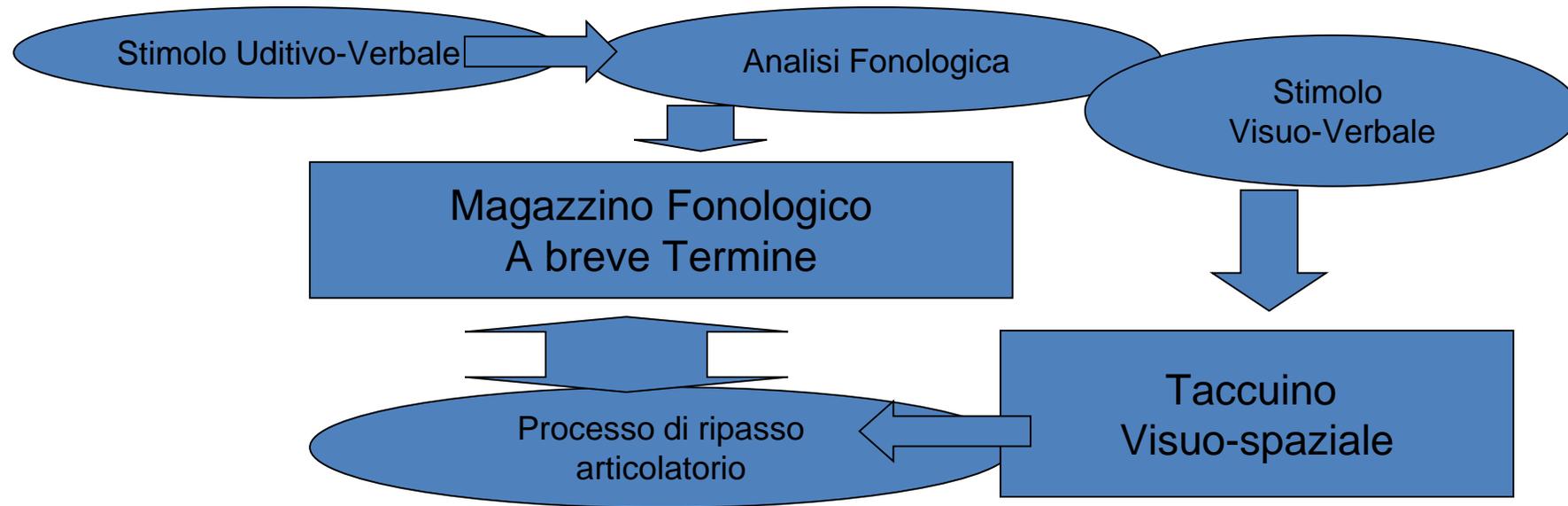
La Pianificazione del sistema esecutivo



Il Loop Fono-Articolatorio

Elaborazione e mantenimento delle informazioni verbali e acustiche

- Magazzino fonologico, a durata limitata, consente il mantenimento del materiale acustico e verbale dell'informazione fonologica
- Processo di articolazione e ripetizione subvocale che permette la reiterazione e il mantenimento del materiale da ricordare, ma anche la conversione di stimoli visivi nei loro corrispondenti verbali, impedendo il decadimento dell'informazione in magazzino



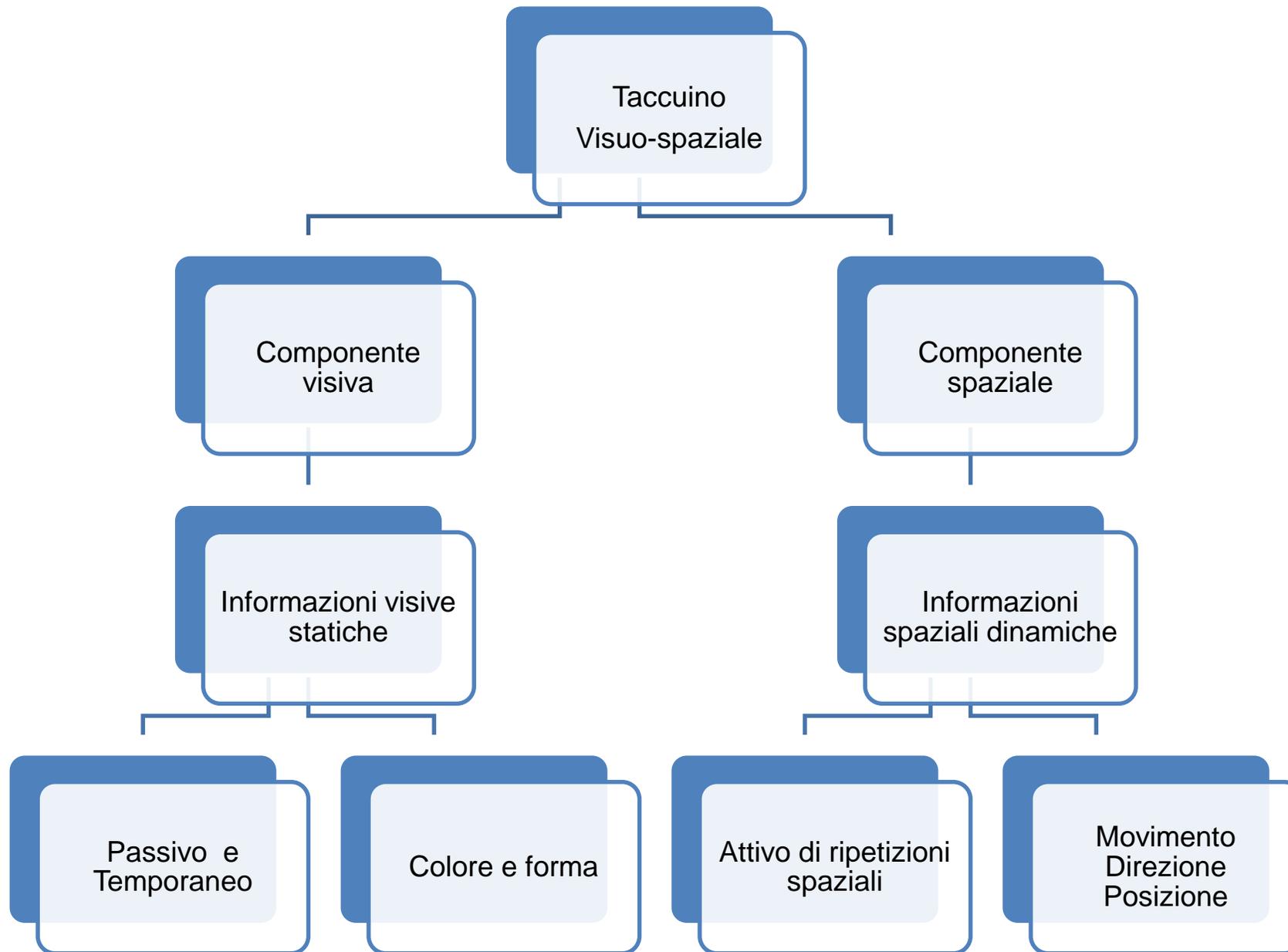
Taccuino visuo-spaziale

- Elaborazione e conservazione dell'informazione visuo-spaziale
- Mantenimento temporaneo delle caratteristiche visive e spaziali delle informazioni in arrivo (ricordare le caratteristiche e la collocazione spaziale di un disegno, un simbolo grafico o una parola)
- Sia la componente visiva che spaziale hanno capacità e durata limitata
- Connesso anche con la manipolazione delle immagini mentali.

E' importante per

- Orientamento geografico
- Pianificazione dei compiti spaziali
- Apprendimento di regole spaziali
- Ricordo di volti
- Abilità aritmetiche

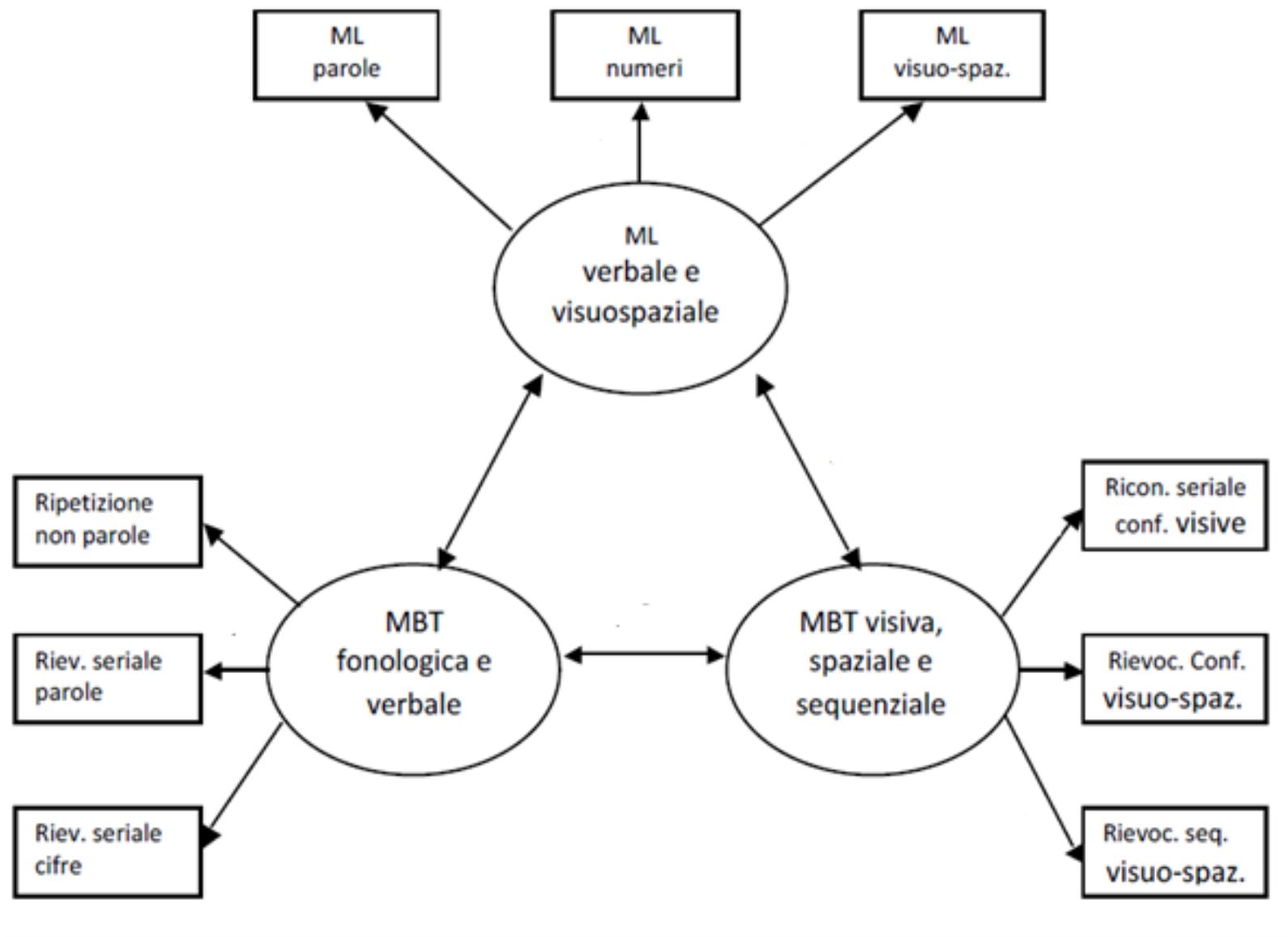




Buffer episodico

- **Magazzino mnestico dalla capacità limitata e coscientemente accessibile**
- **Conserva temporaneamente e manipola informazioni** registrate con codici multidimensionali , verbali e viso-spaziali, e dalla MLT per combinarle in una unica Rappresentazione episodica
- **Trasmette e recupera informazioni dalla Memoria episodica e semantica dalla MLT in maniera Consapevole e Cosciente**
- **Buffer:** nel senso che offre codici multidimensionali che permettono ad informazioni provenienti dai diversi subsistemi di essere sottoposti e contemporaneamente fungono da mediazione con la MLT
- **Episodico:** sottolinea la capacità di conservare episodi integrati che si estendono nel tempo e nello spazio
- E' sottoposto al controllo del sistema esecutivo attraverso e principali strategie di recupero
- Non serve solo a rappresentare l'ambiente e a renderlo accessibile alla coscienza, ma è anche utile per modellare il futuro alla luce dell'esperienza passata





Memoria di lavoro

Sistema Esecutivo Centrale



- Comprensione linguaggio e lettura
- Decodifica lettura
- Abilità aritmetiche
- Componenti concettuali vocabolario



Loop
Fonologico



- Apprendimento nuove parole
- Processazione sintattica

Taccuino Visuo-
spaziale



- Apprendimento regole spaziali e ricordo di volti
- Abilità aritmetiche



Caratteristiche comportamentali degli alunni con bassa capacità di Working Memory

- Non riescono a portare a termine compiti semplici (Ricordarsi le indicazioni date dagli insegnanti)
- Non riescono ad applicare ad altri ambiti nozioni imparate in una materia (es dalla geometria alla geografia...)
- Hanno frequentemente difficoltà nella lettura e nel calcolo, e perdono le informazioni cruciali per procedere nelle attività (specialmente quelle comportate step multipli)
- Ottengono scarsi risultati scolastici globalmente
- Vanno distinti dai bambini con ADHD, che presentano alti livelli di iperattività, impulsività e talora oppositività, ed inoltre ai test risultano più abili nelle prove di memoria a breve termine.



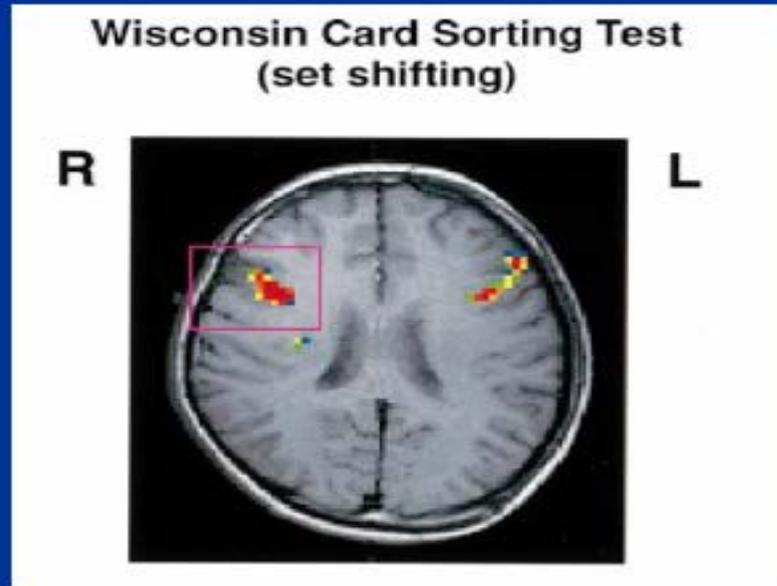
Cosa si potrebbe fare ?

- Facilmente distraibili
 - Incapaci di mantenere ordine nel materiale scolastico e nell'esecuzione dei compiti
 - Difficoltà a fare rappresentazioni visive mentali
 - Dimenticano le consegne e quello che stanno facendo
 - Sembrano scordare quello che hanno imparato solo il giorno prima
 - Non generalizzano gli apprendimenti
 - Non portano a termine il compito
 - Difficoltà prevalenti nella scrittura e nel problem solving
- Monitorare il bambino se compaiono i segni riportati a lato
 - Valutare il carico di W.M del lavoro proposto (sequenze lunghe, contenuti nuovi o difficili, attività mentali richiedenti lunghi processi)
 - Ridurre il materiale da ricordare, aumentare la comprensibilità dei contenuti semplificando i ragionamenti ,ridimensionare i compiti complessi
 - Ripetere le informazione importanti, o farle ripetere da qualche compagno più capace
 - Usare poster o cartine da appendere ai muri della classe,incoraggiare l'uso di materiale compensativo (piccole agende, linea dei numeri, registratore..)
 - Sostenere le strategie personali del bambino (chiedere aiuto, prendere appunti..)



Il WCST attiva anche il Sistema Frontale Posteriore

Konishi et al.,(1998) Nature Neuroscience 1: p.80-4



Lateral frontal cortex activated by demand to switch dimension

Tuttavia:

- anche lesioni posteriori possono compromettere la performance al WCST (Anderson et al, 1990)
- Functional Neuroimaging studies: indicano attivazione frontale e posteriore durante l'esecuzione del test (Berman et al., 1995)



Pianificazione

Capacità di formulare un piano generale ed organizzare le azioni in una sequenza gerarchica per raggiungere la meta

Prevedere e valutare le conseguenze e l'adeguatezza del proprio operato, a breve e a lungo termine

Utilizzare feedback ambientali per modificare il comportamento

TEST DI VALUTAZIONE

Test della Torre di Londra: esplora il livello di capacità di ordini superiori, quali pianificazione, decisione strategica



Inibizione

Efficienza nel focalizzare l'attenzione sui dati rilevanti ignorando i distrattori ed inibendo risposte motorie ed emotive non adeguate o impulsive rispetto agli stimoli

Inibizione Riposta Predominante: Capacità di inibire una risposta nota e generarne una secondaria; TEST CHANGE TASK (Prima fase-Compito Primario: Rispondere motoriamente ad uno stimolo visivo; Seconda Fase-Inibizione: Inibire la risposta quando allo stimolo visivo se ne associa uno uditivo; Terza Fase-Change: Dare una risposta alternativa alla associazione Stimolo Visivo-Uditivo. VARIABILE SSRT -Stop Signal Reaction Time

Inibizione della Risposta in corso: Disegno del Cerchio (Tracciare con il dito il percorso di un cerchio in senso orario, a velocità spontanea e Rallentata. La differenza misura l'inibizione Motoria)

Inibizione per il Controllo delle Interferenze: Test dei Mondi Contrapposti

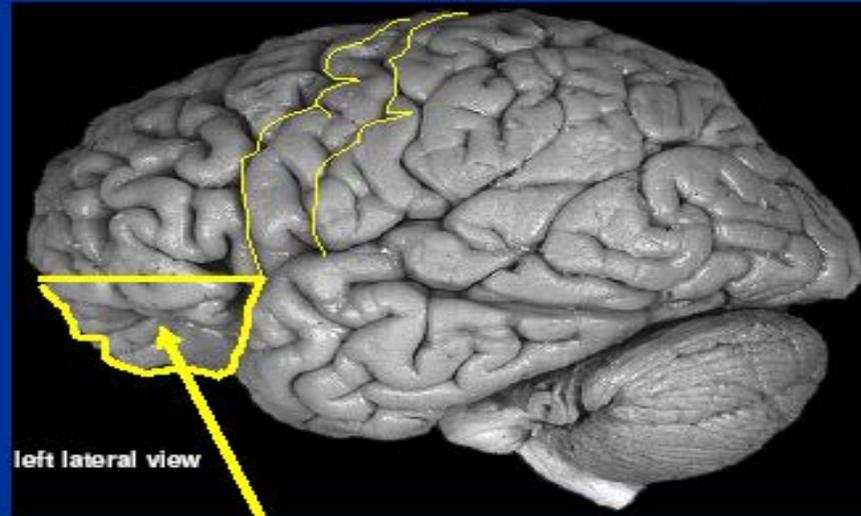
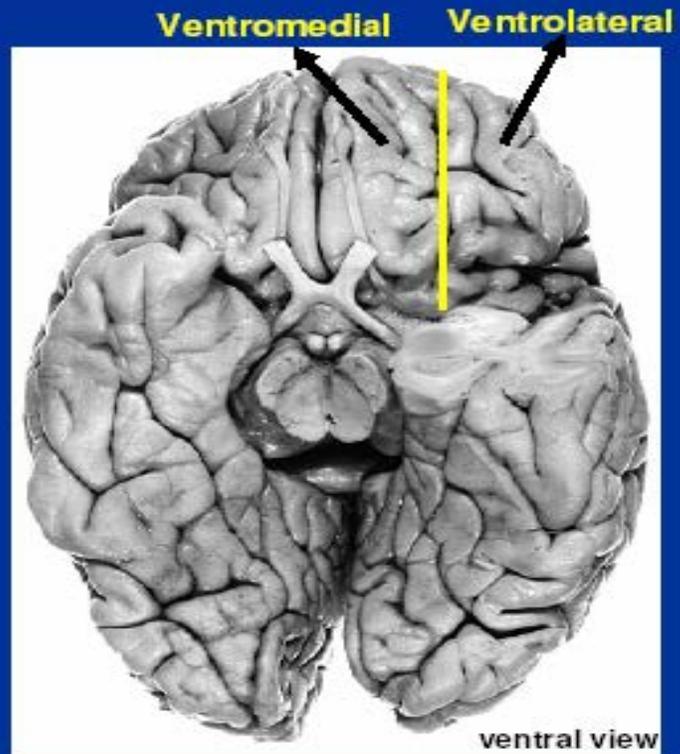


La Corteccia Orbito-frontale e le Fe "calde"

- Le Funzioni Esecutive connesse alla Corteccia Orbitofrontale sono state denominate in più modi
- Alcuni le definiscono Funzioni Esecutive "Calde", poiché permettono una rapida elaborazione affettiva e automatica delle informazioni (Zelazo e Mueller, 2002)
- Altri le definiscono Funzioni Esecutive "Affettive/Motivazionali" (Ardila, 2008).
- Permettono sia un controllo del comportamento basato sulla valutazione delle gratificazioni (*reward-processing*) sia la gestione delle situazioni di rischio. Tra queste si includono
 - la valutazione delle gratificazioni (quanto uno stimolo è gratificante o premiante per l'individuo)
 - l'apprendimento inverso (la rottura delle associazioni stimolo-rinforzo e la formazione di nuove associazioni)
 - i processi decisionali (Hongwanishkul et al. 2005)



Inibizione, Controllo Emotivo, Iniziativa



Ventro-lateral PFC

Intimamente connessa ai nuclei del sistema limbico implicati nelle emozioni

- la regione mediale-ventrale/orbitofrontale è coinvolta nell'inibizione e nelle emozioni (Stuss & Levine, 2002)
- ruolo nel regolamento del comportamento, specie nel comportamento orientato a uno scopo (Damasio, 1985)

➤ Malgrado l'importanza di tali meccanismi per il comportamento, non vi sono strumenti adeguati per la valutazione di questi aspetti !



La corteccia orbito-frontale

- Partecipa alla presa di decisione mantenendo in memoria **l'associazione tra uno stimolo familiare e la risposta considerata gratificante** dal soggetto ed interverrebbe nel **sopprimere una risposta abituale** per sostituirla con una nuova più appropriata al contesto sociale, partecipando così al processo del controllo inibitorio degli automatismi.
- E' considerato uno snodo cruciale fra alto e basso, in cui dare un senso al mondo sociale che ci circonda, mettendo insieme le esperienze esterne con quelle interne
- Compie una **valutazione sociale istantanea** che ci dice cosa percepiamo con la persona con cui siamo, cosa sente nei nostri confronti e come agire in base alle sue reazioni (Goleman 2006)



La parte ventro-mediale

- Sembra anche attivarsi quando l'individuo deve operare una **decisione** in mancanza di molte informazioni esterne, basandosi quindi maggiormente **sulla sensazione che sulla ragione**
- E' considerata il luogo **dell'integrazione fra emozione e decisione**, sede in cui intercorre un rapporto sinergico fra i processi cognitivi superiori e gli stati emozionali che tenderebbero a guidare le scelte da compiere (Bechara 2004)
- Goleman la definisce la zona finale di convergenza integrativa neurale, con forti connessioni con la corteccia pre-frontale dorso-laterale, la corteccia sensoriale, la corteccia somato-sensoriale, il tronco encefalico, l'ipotalamo, il sistema neurovegetativo, il lobo temporale, l'amigdala, l'insula, la corteccia associativa e la corteccia cingolata anteriore.

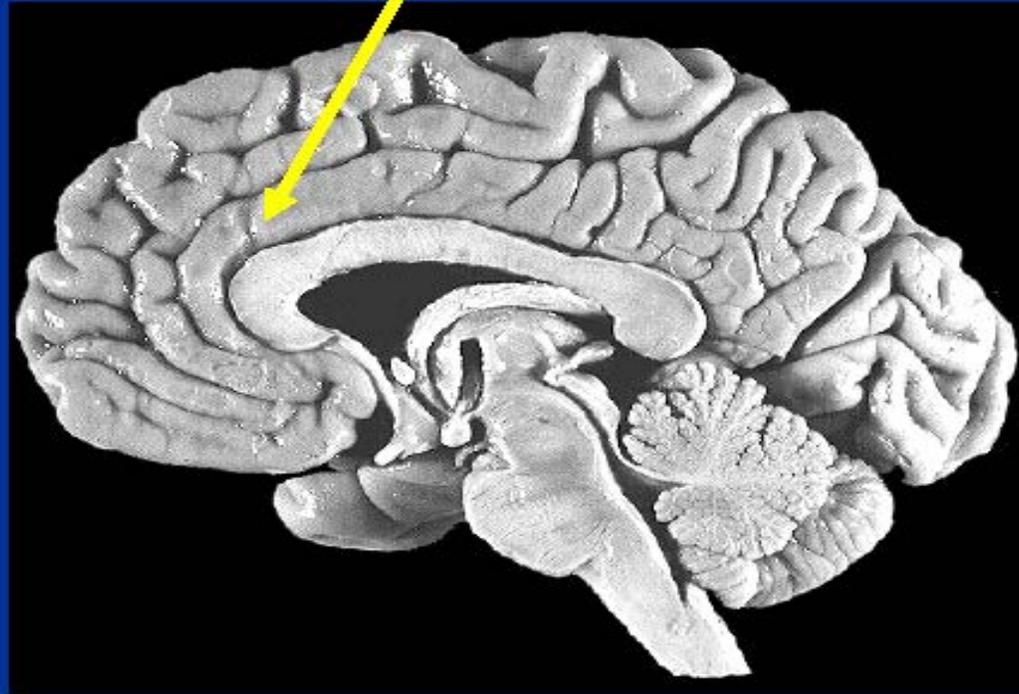


- Una chiara distinzione tra Funzioni Esecutive "Calde" e Funzioni Esecutive "Fredde" è possibile solo se il livello di analisi è quello dei rispettivi correlati neurali. Nella realtà clinica i due tipi di Funzioni Esecutive sono più difficilmente scindibili.
- A livello fenomenico è possibile infatti solo parlare di prevalente attività di un tipo di Funzioni Esecutive rispetto all'altro, mai nei termini di presenza/assenza.



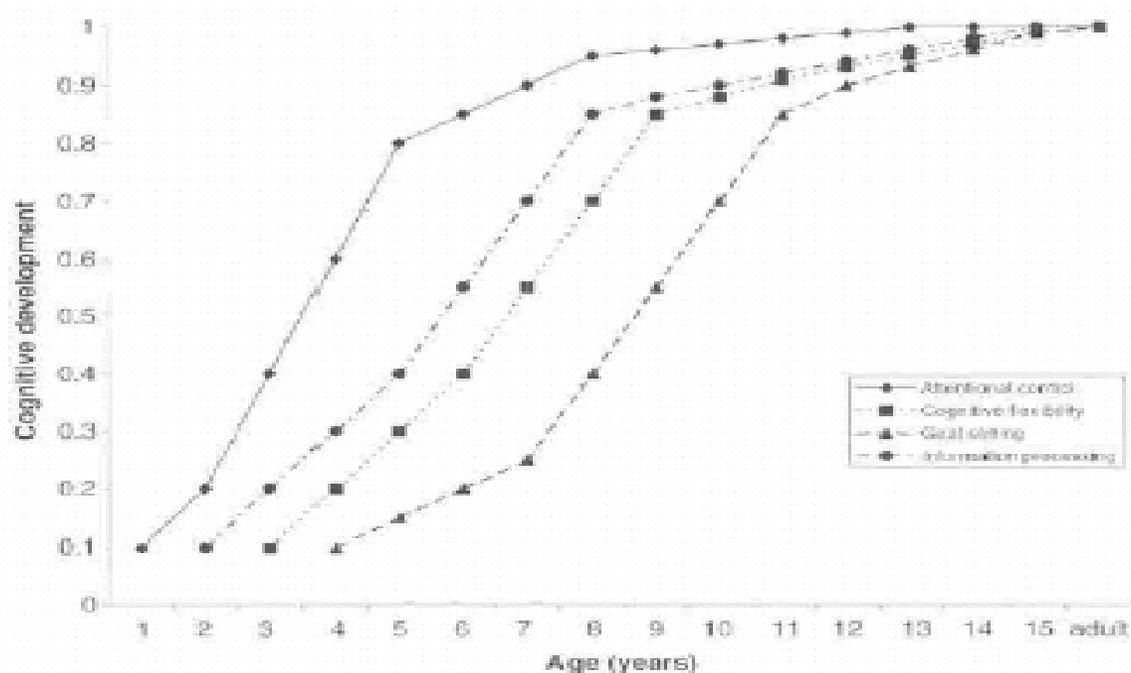
Area Auto-Monitoraggio

Medial Frontal Cortex (Anterior cingulate gyrus)



Sviluppo delle Funzioni esecutive

Lo sviluppo dei 4 fattori di Anderson



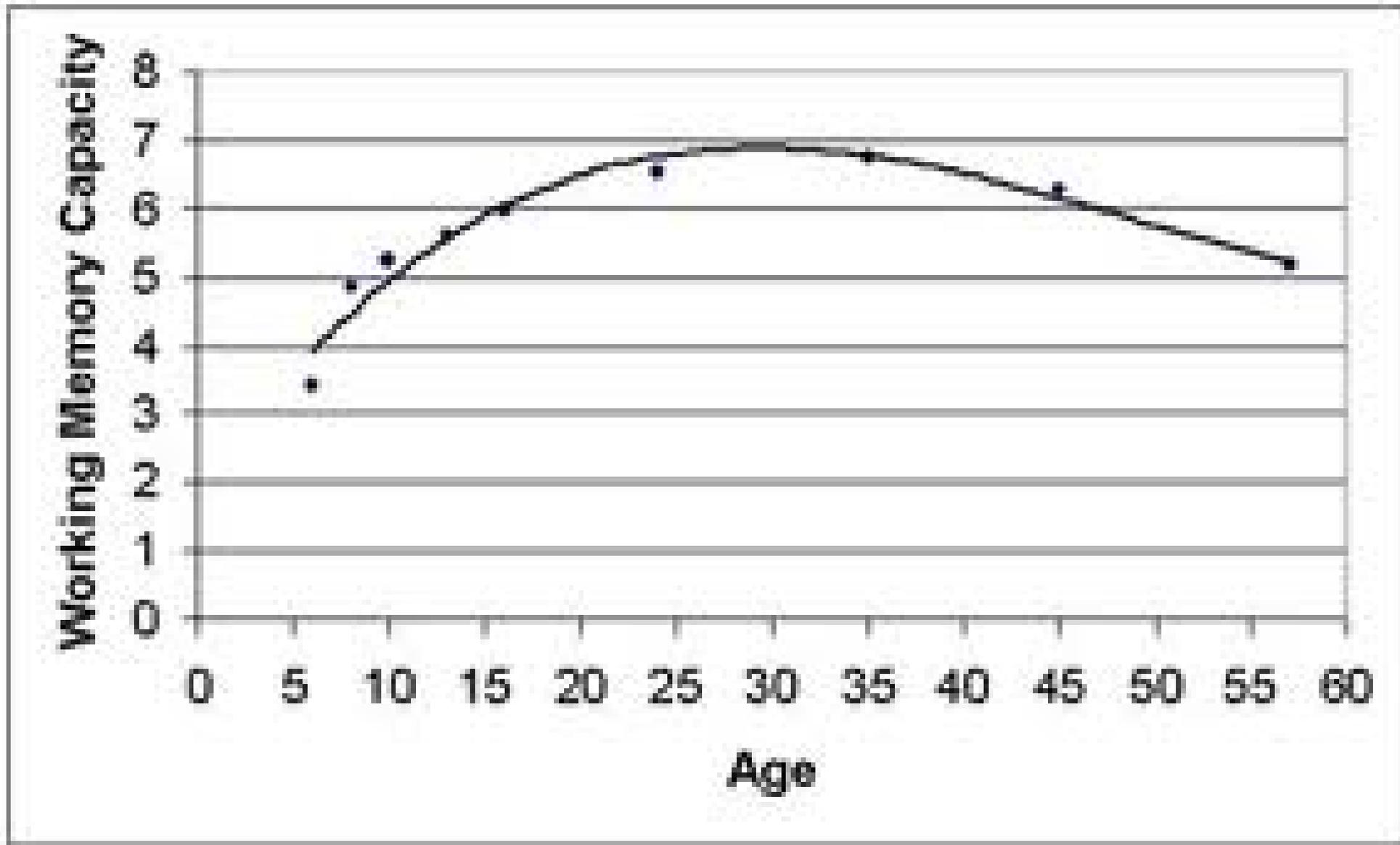
Controllo attentivo si osserva già a 9m e matura a 12aa

Elaborazioni di informazioni matura già tra 3-5aa, ma soprattutto tra 7-10aa

Flessibilità Cognitiva appare a circa 4aa, ma evolve tra 8-11aa

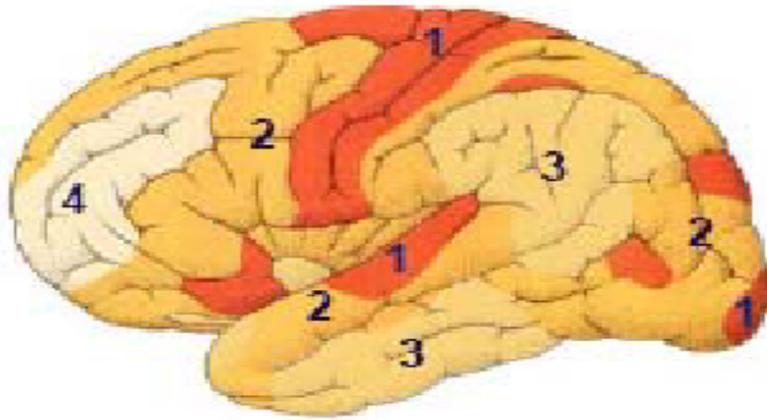
Definizione di obiettivo matura soprattutto tra 7-12aa





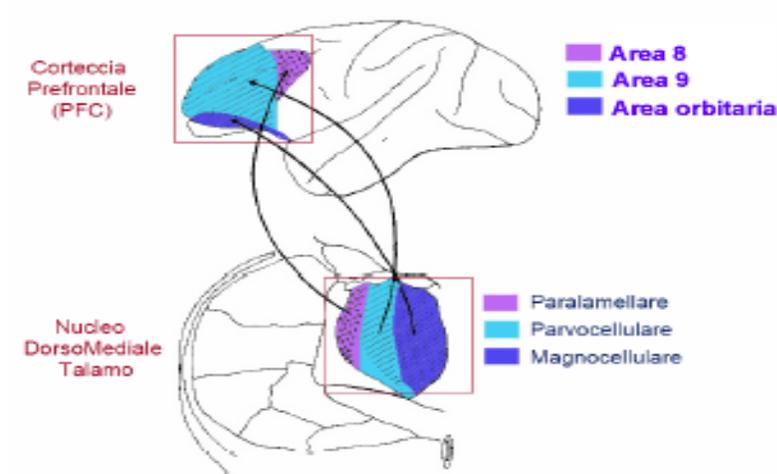
Mielinizzazione Aree F.E.

Sequenza di mielinizzazione e maturazione delle aree corticali durante lo sviluppo individuale



(Sowell et al., 1999)

Connessioni delle aree prefrontali con il nucleo dorso-mediale del talamo



NMD → importante centro di elaborazione di informazioni

Porzione Parvocellulare → afferenze da ipotalamo-amigdala- nuclei del setto- corteccia entorinale

Restanti porzioni → afferenze dal giro del cingolo



Lo sviluppo delle Funzioni Esecutive

- Periodo neonatale:
- 12 settimane il b inizia a conservare in memoria la struttura comportamentale di un evento che lo ha visto protagonista per utilizzarlo in un secondo momento in situazioni analoghe
- 7/8 mesi: primi segni evidenti di Memoria di lavoro e controllo inibitorio
- Prima infanzia e età pre-scolare
- 3-5 anni: aumento del controllo inibitorio
- 4/5 anni: comparsa del controllo attentivo, aumento flessibilità cognitiva e prime formulazioni di strategie
- 5 anni: Incremento abilità WM, Comportamenti finalizzati ad obiettivi, Pianificazione. Prendere decisioni legate a gratificazioni e punizioni



Periodo scolastico

- 8/10 anni; la flessibilità cognitiva raggiunge livelli simili a quelli degli adulti
- 8/11 anni: Controllo inibitorio ben strutturato, vigilanza ed attenzioni sostenute
- 9/12 anni: WM in netta evoluzione per quantità ed efficienza. Migliore capacità di resistere alle interferenze interne ed esterne.
- 12 anni: Pianificazione. Migliorata ulteriormente la capacità di mettere in atto comportamenti finalizzati al raggiungimento dello scopo



Adolescenza

- Nuove e pressanti richieste ambientali
- Crescente senso di indipendenza, di responsabilità e di consapevolezza sociale

Nuovo salto di qualità delle FE

- Miglioramento del controllo attenzionale della velocità di processamento
- Miglioramento di livelli di controllo inibitorio
- Ulteriore progresso della WM
- Pianificazione strategica
- Problem solving



Funzioni esecutive in adolescenza:

1. Evidenze neuroradiologiche e neuropsicologiche

Michele Poletti

Servizio di Neuropsichiatria Infantile

Dipartimento di Salute Mentale e Dipendenze Patologiche,

Azienda Sanitaria Locale di Reggio Emilia



- Durante l'adolescenza il cervello va incontro ad un periodo di marcato sviluppo, grazie ai processi di mielinizzazione e di pruning sinaptico che migliorano l'efficienza delle connessioni corticali e cortico-sottocorticali.
- In questo periodo le FE connesse alla corteccia Orbito-frontale maturano precocemente rispetto a quelle legate alle aree Prefrontali dorso-laterali, che proprio in questa fase tendono a svilupparsi
- Tali modifiche sono in gran parte responsabili delle alterazioni comportamentali classiche dell'adolescenza



Due fenomeni fondamentali

- **Incremento lineare della sostanza bianca** causa della **continua mielinizzazione degli assoni** sia dei tratti di fibre cortico-sottocorticali (soprattutto quelle che connettono tra di loro aree diverse della corteccia prefrontale e quelle che connettono la stessa corteccia pre-frontale con aree sottocorticali, come l'amigdala, il nucleo accumbens e l'ippocampo) , con **aumento della capacità di conduzione e di comunicazione neuronale** (Casey 2008).
- **Maturazione della sostanza grigia che segue una curva di sviluppo ad U capovolta** . Nella prima fase dell'adolescenza si assiste ad un nuovo fenomeno di sinaptogenesi con la proliferazione di nuove sinapsi quindi aumento della sostanza grigia . Fa seguito poi un processo di pruning sinaptico con uno sfoltimento delle sinapsi meno utilizzate (Hensih 2004)



Lo sviluppo delle funzioni esecutive fredde

- Romine e Reynolds, 2005
- Le tendenze generali di sviluppo indicano cambiamenti di marcata entità tra i 5 e gli 11 anni di età, di minore entità si verificano tra gli 11 e i 14 anni, mentre tra i 14 e i 17 anni i cambiamenti sono nulli per alcuni processi e modesti per altri



- Maggiore è la capacità di comunicazione tra due o più strutture cerebrali che sottendono un medesimo compito esecutivo migliori sono le prestazioni.



GRAZIE per la vostra esecutiva
attenzione!!!!





AID - Associazione Italiana Dislessia

Piazza dei Martiri 1943-1945, 5

40121 Bologna

051 24 29 19

www.aiditalia.org

www.dislessiaamica.com