



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

L'ATTENZIONE

Corso di Laurea Magistrale in Neuroscienze e Riabilitazione
Neuropsicologica AA 2023-24

Campus di Cesena-Università degli Studi di Bologna

Prof. Maria Angela Molinari

ATTENZIONE

- Definizione: insieme di processi cognitivi e dei meccanismi che contribuiscono a fare in modo che, tra tutte le informazioni sensoriali in input, vengano elaborate in modo prioritario e efficace quelle momentaneamente più rilevanti per l'organismo
- questo meccanismo altamente selettivo può riguardare stimoli esterni (esogeni), interni (endogeni), risposte motorie e flussi di pensiero, piani di comportamento e immagini mentali
- l'attenzione ha diverse componenti che agiscono in modo sinergico per ottimizzare l'interazione organismo-ambiente

ATTENZIONE: componenti funzionali

una prima distinzione funzionale è quella tra:

- ***componenti selettive*** riguardano la scelta degli stimoli sensoriali rilevanti tra tutti quelli che si trovano in competizione

➔ (attenzione selettiva)

- ***componenti intensive*** si riferiscono alla modulazione dei processi selettivi da parte dello stato di reattività generale del sistema attentivo

➔ (concentrazione)

ATTENZIONE: componenti selettive

Meccanismi automatici e volontari

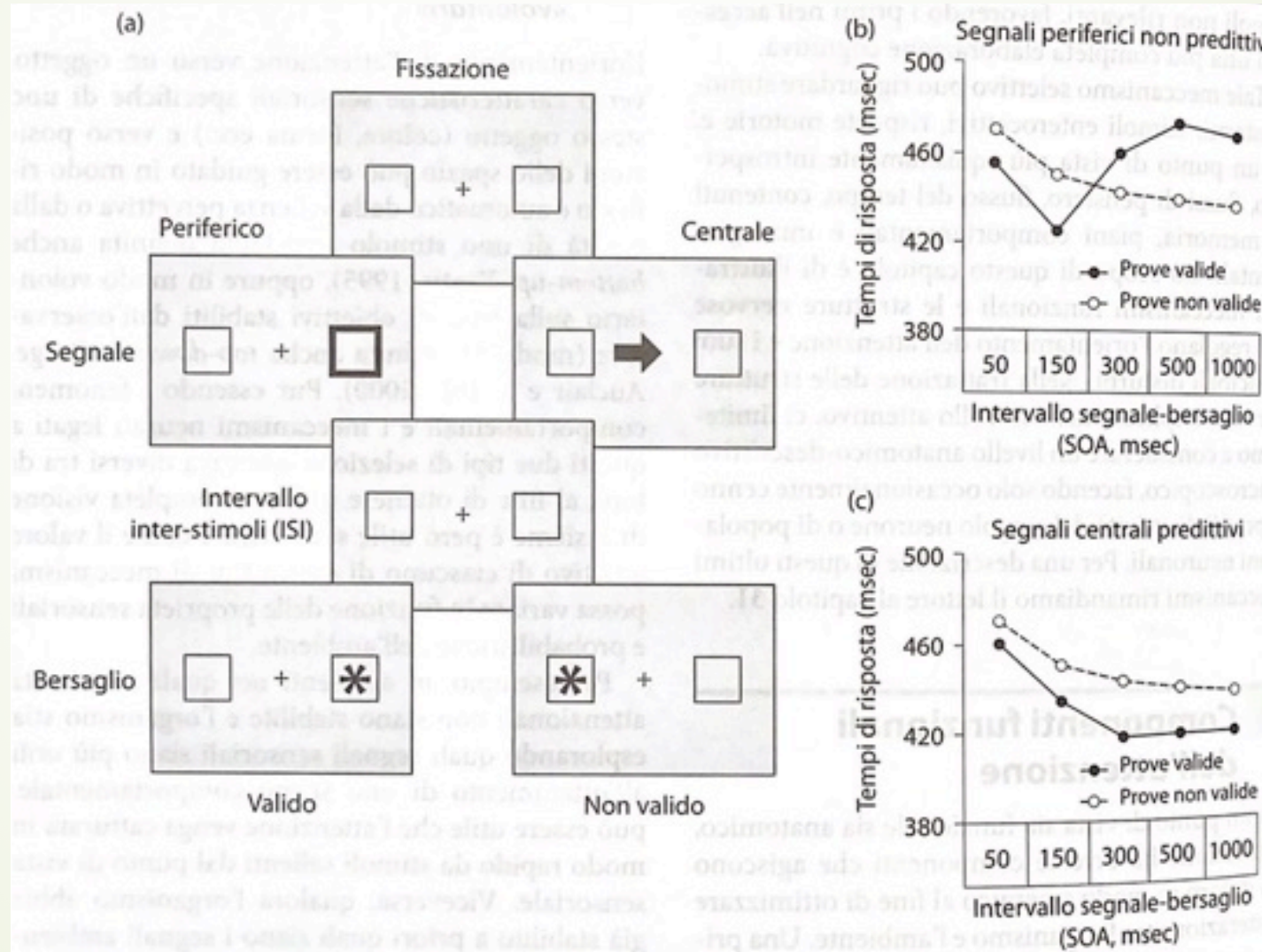
L'orientamento dell'attenzione verso un oggetto, verso sue caratteristiche specifiche (es. colore, forma) e verso posizioni dello spazio può essere guidato:

- ***in modo riflesso e automatico dalla salienza percettiva o dalla novità dello stimolo (modalità bottom-up)***
- ***in modo volontario sulla base di obiettivi stabiliti dall'osservatore (modalità top-down)***
- ***queste due modalità hanno valore adattivo: in alcuni casi è più utile utilizzare quello automatico (quando per es. non sono state stabilite dal soggetto priorità attenzionali e quindi ci si basa sui segnali sensoriali che arrivano dall'ambiente) mentre se il soggetto ha stabilito a priori a cosa prestare attenzione è necessario che sia protetto da stimoli distraenti***

Il test di Posner

- ▶ alcuni processi di attenzione selettiva riguardano la disposizione spaziale degli oggetti
- ▶ in situazioni ecologiche noi ci orientiamo verso stimoli importanti dirigendo lo sguardo e il capo verso la loro posizione spaziale. In questo modo lo stimolo viene allineato alla fovea retinica la parte dell'occhio con la migliore risoluzione spaziale
- ▶ ciò permette sia il rilevamento della presenza di un oggetto sia la sua identificazione ovvero l'accesso ad informazioni che per es. ci suggeriscono se l'oggetto è dannoso o utile
- ▶ in altri casi l'attenzione può essere orientata nello spazio senza ricorrere ai movimenti oculari attraverso l'orientamento implicito

Il test di Posner: paradigma



Il test di Posner: risultati

- nei soggetti normali i TDR sono più rapidi con indicazioni valide, intermedi con indicazioni neutre e più lenti in quelle invalide
- il vantaggio delle indicazioni valide rispetto alle neutre è definito **beneficio attentivo**
- lo svantaggio delle indicazioni invalide sulle neutre è definito **costo attentivo**
- la differenza nei TDR tra indicazioni valide e invalide è definita **effetto validità**

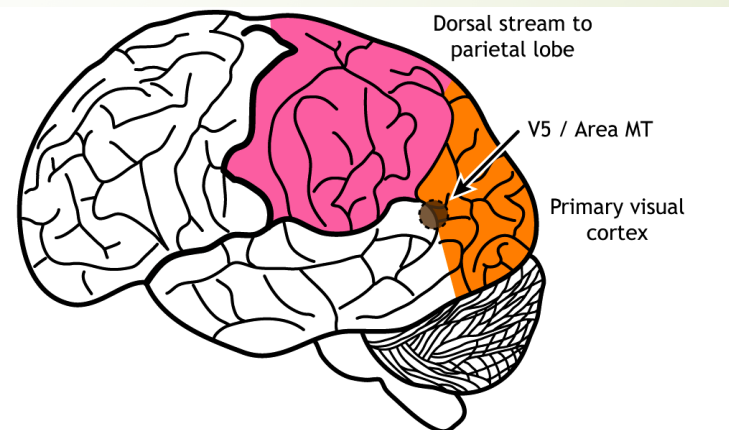
Tutti questi elementi ci dicono quindi che il segnale INDUCE un orientamento dell'attenzione verso la posizione indicata e che questo orientamento accelera l'elaborazione degli stimoli in posizione valida e rallenta quelli in posizione invalida

Il test di Posner: risultati

- ▶ nel paradigma originale di Posner la maggior parte dei segnali centrali (circa l'80%) erano validi quindi fortemente predittivi della localizzazione dello stimolo bersaglio perché Posner riteneva che se i segnali non fossero stati predittivi il soggetto non avrebbe orientato la sua attenzione
- ▶ diversi studi comportamentali, EEG e fMRI in cui la predittività dei segnali veniva manipolata hanno documentato che:
 - ▶ (1) una relazione diretta tra predittività dei segnali centrali e effetto validità nei TDR. Ovvero maggiore è la proporzione di prove valide maggiore è il vantaggio dei TDR dei validi sui neutri
 - ▶ (2) il mantenimento dell'effetto validità è presente anche quando i segnali non sono predittivi e indicano solo nel 50% dei casi l'effettiva posizione del bersaglio

Livelli di elaborazione sensoriale influenzati dall'attenzione

- ▶ Alcuni studi hanno messo in luce che in seguito alla direzione e alla focalizzazione dell'attenzione sul punto di comparsa di uno stimolo visivo le componenti ERP (potenziali corticali evento-correlati) che mostrano un aumento della loro ampiezza sono la:
 - ▶ P1 che ha una latenza di 80-130 msec e origina dalla corteccia extrastriata e in MT (middle temporal) (V5): V5 è specializzata nell'elaborazione del movimento e della sua direzione. V5 riceve input sia da V1 (visiva primaria, corteccia striata, BA 17) che V2 (visiva secondaria extrastriata/prestriata, BA 18 e 19). V5 si trova lateralmente e ventralmente nel lobo temporale vicino all'intersezione fra solco temporale inferiore e solco occipitale laterale





Livelli di elaborazione sensoriale influenzati dall'attenzione

N1 che ha una latenza di 150-200 msec., ha due sottocomponenti

- una anteriore (N1a) riflette l'attività del solco intraparietale e delle aree parietali dorsali
- una posteriore (N1p) riflette una riattivazione attentiva di ritorno delle aree extrastriate

Componenti intensive e modulazione neurochimica

- ▶ le componenti intensive dell'attenzione si riferiscono allo stato di attivazione e di reattività generale del sistema attentivo, comprendono:
 1. arousal = reattività generale dell'organismo per lunghe durate
 2. vigilanza = capacità di mantenere elevati livelli di reattività attentiva per un lasso di tempo utile alla risoluzione di un compito
 3. allerta = momentaneo aumento della reattività attentiva che di solito è innescata da segnali sensoriali di avviso
- ▶ nella regolazione di queste componenti intervengono i neurotrasmettitori il cui rilascio è moderato da strutture sottocorticali e/o troncoencefaliche

Modulazione neurochimica: acetilcolina (ACh)

L'ACh ha due modalità di neuromodulazione:

- **(1)l'attività fasica** si presenta in concomitanza al corretto rilevamento di segnali attentivi (hits) in particolare quando il rilevamento avviene dopo una serie di prove nelle quali il segnale attentivo non era stato presentato/rilevato
- non c'è attività fasica quando c'è una serie ripetuta di hits

Modulazione neurochimica: acetilcolina (ACh)

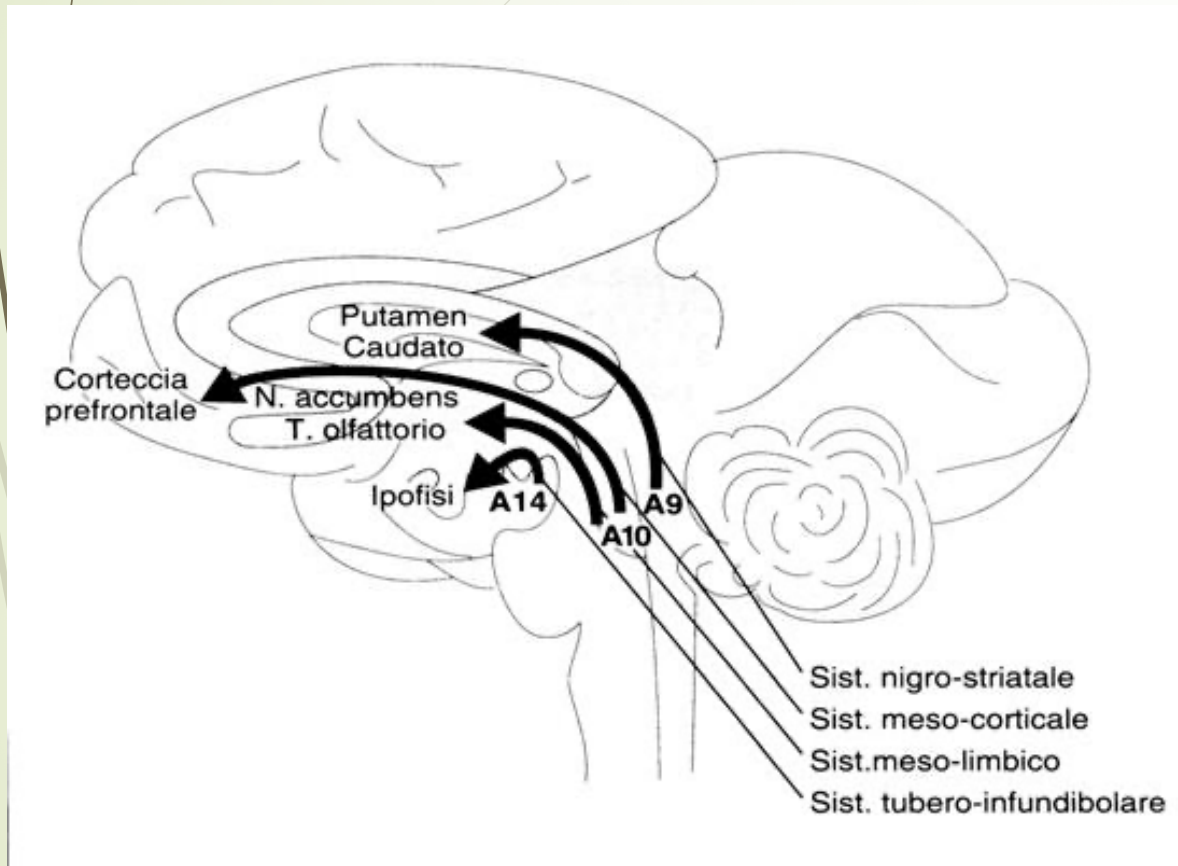
L'ACh ha due modalità di neuromodulazione:

- **(2)l'attività tonica/sostenuta** origina dal proencefalo basale favorisce il mantenimento dello sforzo attentivo, contrasta la distraibilità stimolando le aree fronto-parietali dell'emisfero destro
- quindi l'attività colinergica fasica e tonica:
 - media funzioni di controllo attentivo top-down
 - ha lo scopo di contrastare la sincronizzazione di attività di neuroni diversi indotta da fatica e cali della vigilanza

Modulazione neurochimica: dopamina (DA)

- ▶ l'area tegmentale ventrale del mesencefalo è la principale sorgente di dopamina
- ▶ attraverso la via mesolimbica diretta alle strutture limbiche e alla corteccia frontale mesiale la DA contribuisce all'elaborazione di segnali motivazionali e di rinforzo
- ▶ attraverso la via mesocorticale diretta alla corteccia prefrontale dorsale contribuisce alla regolazione dei processi esecutivi e attenzionali
- ▶ la DA ha il ruolo fondamentale di creare una rappresentazione cerebrale del legame tra segnali attentivi e rinforzi associati

Modulazione neurochimica: dopamina (DA)



via mesolimbica: controllo delle emozioni e modulazione dei processi di ricompensa

via mesocorticale: implicata nelle funzioni cognitive

Modulazione neurochimica: dopamina (DA)

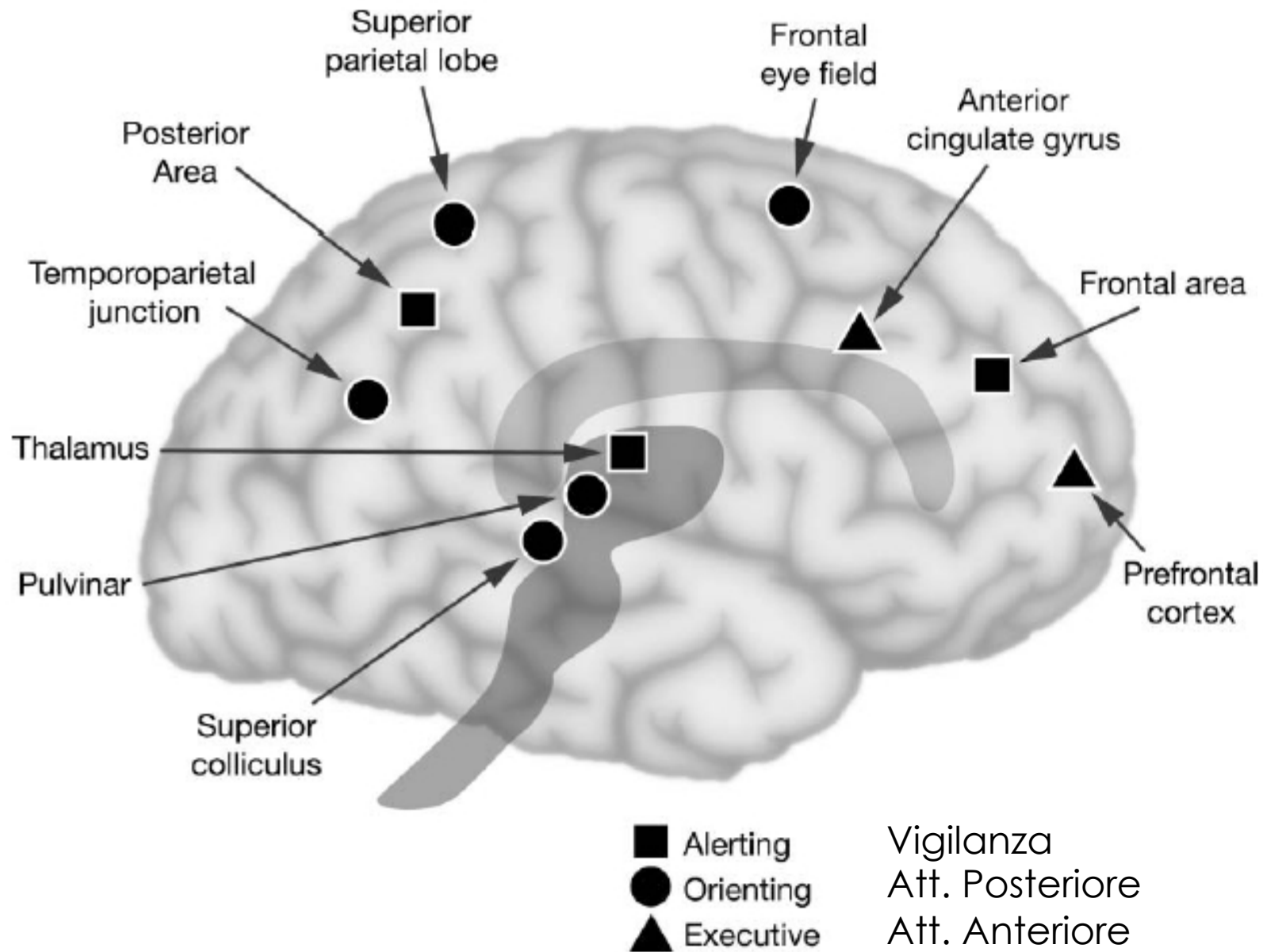
- ▶ il ruolo dello striato e della corteccia prefrontale nel controllo dopaminergico dell'attenzione è particolarmente evidente nell'ADHD di cui esistono due varianti:
 - variante striato-talamo-corticale caratterizzata da deficit attentivi
 - variante striato-orbitofrontale caratterizzata da deficit motivazionali
- ▶ recenti studi ipotizzano che una alterata attività DA potrebbe determinare una alterazione funzionale della corteccia cingolata anteriore che entra in gioco quando dobbiamo valutare le discrepanze tra rinforzo atteso e quello ottenuto

Modulazione neurochimica: noradrenalina (NE)

- ▶ è secreta dal locus coeruleus (LC) un nucleo del tronco dell'encefalo
- ▶ LC proietta alle cortecce frontali, temporo-parietali e talamo
- ▶ l'attività noradrenergica del LC si mantiene a un livello tonico elevato nelle fasi in cui l'organismo esplora l'esistenza di associazioni stabili tra indizi sensoriali-attentivi e bersagli comportamentali-motivazionali

Modelli neurali di attenzione

- tra i sostenitori di una sostanziale continuità tra attenzione e coscienza c'è Posner, secondo il suo modello neurale di attenzione il sistema esecutivo attenzionale anteriore (che comprende le aree frontali e il giro del cingolo) è collegato molto di più alla coscienza rispetto a quello posteriore, che ha sede nelle aree parietali di destra e che è devoluto all'attenzione spaziale.



(Posner, & Rothbart, 2007)

Modello di Posner

- 1. Il sistema di vigilanza:** regola attraverso il sistema noradrenergico (*locus coeruleus*) il mantenimento di uno stato di attivazione; sembra essere lateralizzato a destra
- 2. Il sistema attenzionale posteriore:** responsabile sia dell'orientamento dell'attenzione verso stimoli sensoriali che della facilitazione verso stimoli selezionati per la loro posizione nello spazio o per il possesso di caratteristiche specifiche.
 - a. corteccia parietale posteriore: sganciamento
 - b. collicolo superiore: spostamento dell'attenzione
 - c. Pulvinar: agganciamento
- 3. Il sistema attenzionale anteriore:** controllo esecutivo, monitoraggio del comportamento, elaborazione consapevole dell'esperienza (corteccia prefrontale mediale, inclusa SMA e corteccia cingolata anteriore.)

Controllo neurale dell'attenzione

Studi di fMRI indicano l'esistenza di reti froto-parietali multiple destinate all'attenzione spaziale:

- ▶ la rete attenzionale dorsale (DAN) composta dal solco intraparietale, dal campo oculomotorio frontale, dal lobulo parietale posteriore e dalla corteccia prefrontale dorsolaterale mostra un aumento del segnale BOLD nella fase di orientamento dell'attenzione. Questa rete è bilaterale e simmetrica
- ▶ la rete attenzionale ventrale (VAN) che include la giunzione temporo-parietale e la corteccia prefrontale ventro-laterale mostra un aumento della risposta BOLD quando i soggetti rispondono ai bersagli che appaiono in posizioni spaziali inattese. Sembra quindi rilevante per l'orientamento esogeno dell'attenzione, per rilevare eventi inaspettati e importanti da un punto di vista comportamentale. Questa rete è fortemente localizzata nell'emisfero destro.

Controllo neurale dell'attenzione

- ▶ le componenti neuroanatomiche che sono parte delle reti che si attivano in condizioni di attenzione includono la corteccia prefrontale-dorsolaterale e quella parietale posteriore.
- ▶ queste due aree corticali sembrano utilizzare due diversi approcci quando l'attenzione è catturata dallo stimolo o quando l'attenzione è diretta da una strategia interna (top-down)
- ▶ l'attività esogena appare prima nella corteccia parietale posteriore, mentre l'attività endogena emerge prima nella corteccia prefrontale dorsolaterale in studi EEG.

Modelli neurali di attenzione

- Il sistema attenzionale dorsale (che è dedicato all'attenzione endogena) è essenzialmente fronto-parietale e comprende i campi oculari frontali e il solco intra-parietale. E' attivo quando si mantiene l'attenzione su un'area segnalata da un indizio centrale dove si prevede la comparsa di uno stimolo bersaglio.
- il sistema attenzionale ventrale presente nell'emisfero destro, nei pressi della giunzione temporo-parietale (aree 22 e 40 di Braodmann) si occupa prevalentemente della funzione esogena. E' attivato da stimoli periferici, salienti e rilevanti per il comportamento, soprattutto se inaspettati, mentre viene disattivato durante l'attenzione sostenuta (mantenuta dal sistema dorsale) per evitare un effetto distraente.
- i due sistemi interagiscono continuamente non solo tra di loro ma anche con la corteccia visiva.

VAN e DAN

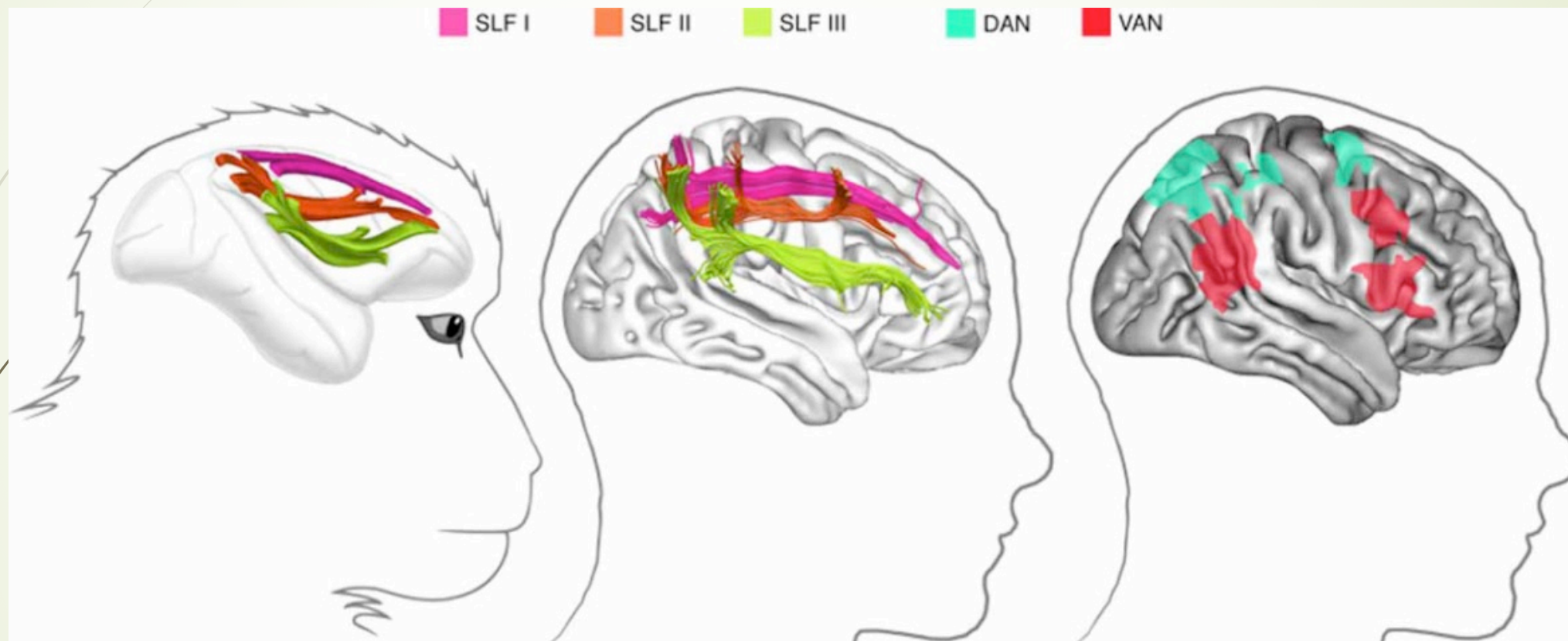
Più recentemente modello a due *hubb*:

- la **corteccia prefrontale (PFC) dorsolaterale**; processi top-down o attività endogena (quando l'attenzione è diretta da una strategia interna);
- la **corteccia parietale posteriore (PPC)**; processi bottom-up o attività esogena (quando l'attenzione è catturata dallo stimolo).

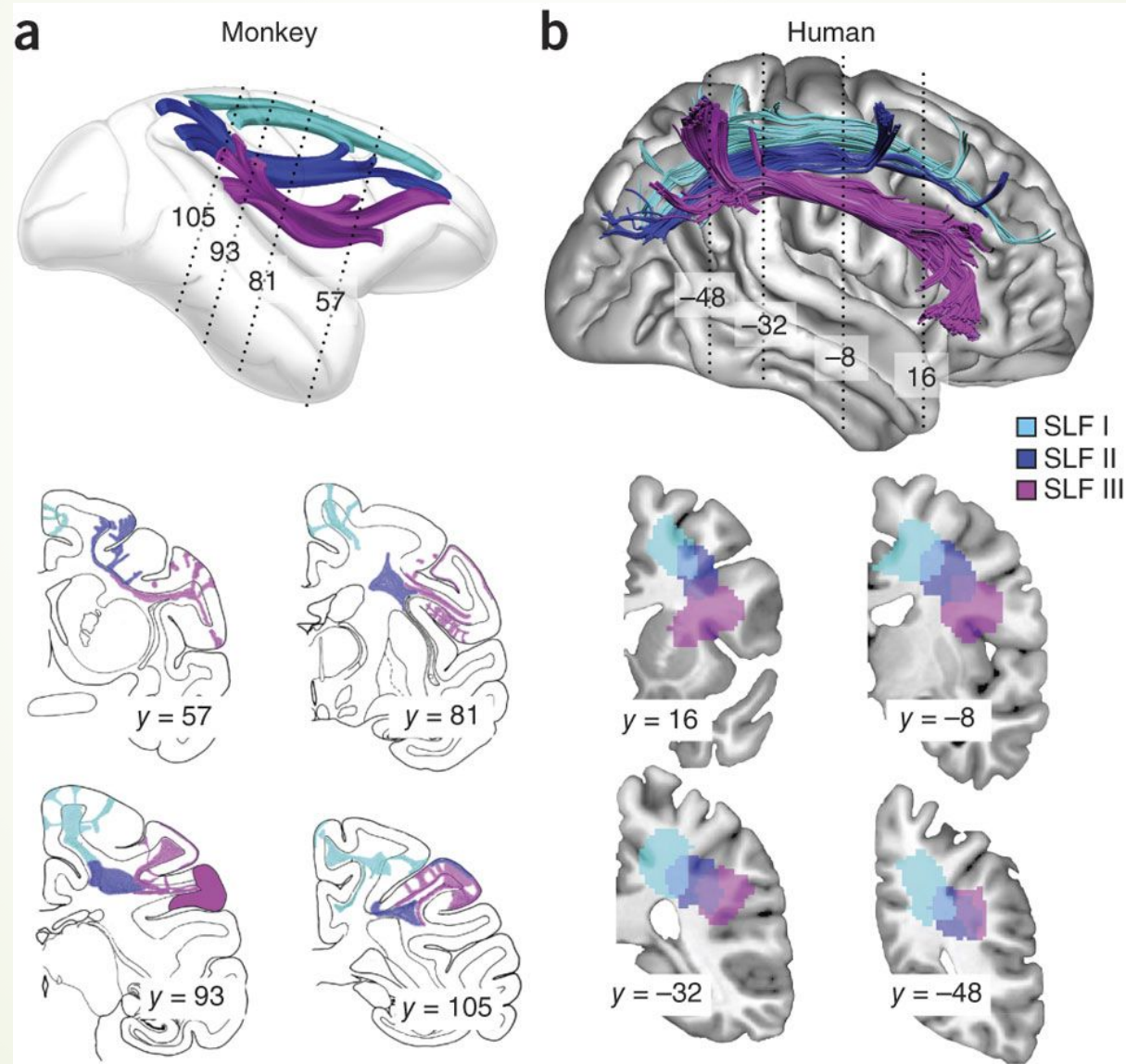
VAN e DAN

- ▶ **rete attenzionale dorsale (*dorsal attentional network* o **DAN**):** solco intraparietale IPS/ campo oculomotorio frontale e lobulo parietale superiore (SPL/PFC dorsolaterale;); orientamento endogeno; bilaterale e simmetrica
- ▶ **rete attenzionale ventrale (*ventral attentional network* o **VAN**)** giunzione temporo-parietale (TPJ) e PFC ventromediale (giri frontali inferiore e medio); orientamento esogeno dell'attenzione; fortemente lateralizzata nell'emisfero destro.

VAN e DAN

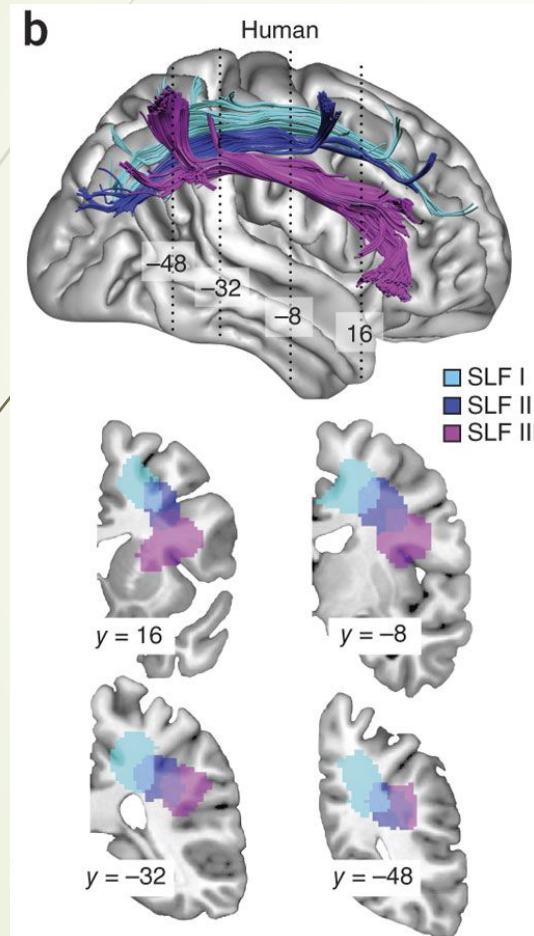


Fascicolo longitudinale superiore



Fascicolo longitudinale superiore

Uomo



- ▶ SLF I (dorsale) dalle aree BA 5 e 7 alle BA 8, 9 e 32; connette la DAN.
- ▶ SLF II (intermedia) da BA 39 e 40 (LPI) a PFC BA 8 e 9; connette la parte parietale della VAN alla parte prefrontale della DAN
- ▶ SLF III (ventrale) da BA 40 a BA 44, 45 e 47; connette i nodi corticali di VAN.

Connessioni tra aree corticali attentive

- la corteccia prefrontale dorsolaterale e posteriore sono interconnesse da fascicoli di sostanza bianca. In particolare, negli esseri umani sono state indentificate tre ramificazioni frontoparietali del fascicolo longitudinale superiore:
 - la branca dorsale (SLF1) origina dalle aree BA 5-7 proietta alle BA 8-9-32
 - una branca intermedia (SLF2) origina da BA 39-40 (lobulo parietale inferiore) e raggiunge le BA prefrontali 8-9
 - la branca ventrale (SLF3) origina dalla BA 40 e termina nelle BA 44-45-47
- SLF3 connette i nodi corticali della VAN, mentre SLF1 connette i nodi corticali della DAN
- SLF2 connette la parte parietale della VAN alla parte prefrontale della DAN, permettendo una comunicazione tra le due reti attenzionali.

Connessioni tra aree corticali attentive

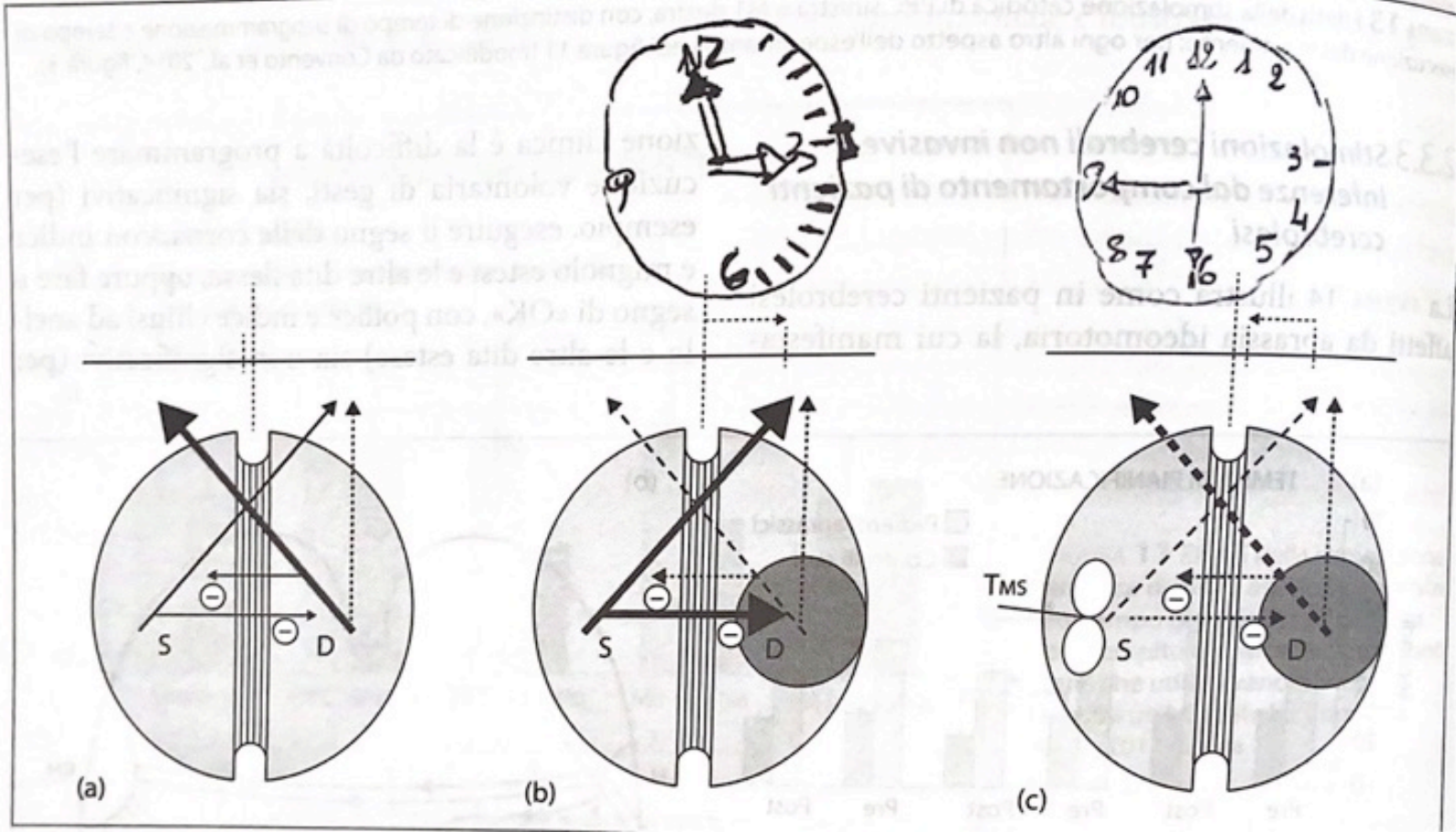
- a conferma dei dati descritti gli studi di fMRI mostrano una risposta più marcata dell'emisfero destro per la VAN e un'attività simmetrica per la DAN
- ciò è dovuto al fatto che SLF3 (che connette la VAN) è anatomicamente più grosso nell'emisfero destro, mentre SLF1 (che connette la DAN) è organizzato in modo simmetrico
- SLF2 tende a essere lateralizzata a destra ma con differenze interindividuali sostanziali


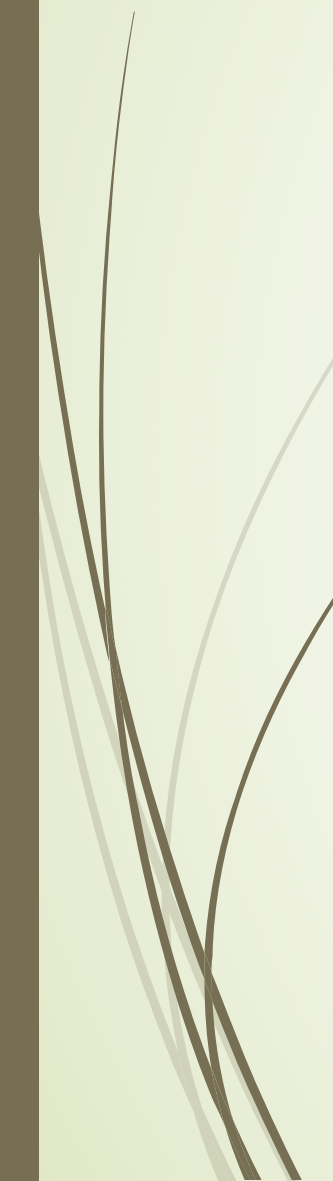
Specializzazione emisferica

- uno dei nodi centrali dello studio dei correlati neurali dell'attenzione riguarda la lateralizzazione emisferica dei meccanismi di controllo attentivo e la preferenza dei due emisferi cerebrali nel dirigere l'attenzione.
- sono stati sviluppati diversi modelli di specializzazione emisferica funzionali avanzati per spiegare la maggiore frequenza del neglect
 1. modello di competizione interemisferica di Kinsbourne
 2. modello di competenza spaziale di Heilman-Mesulan
 3. modello delle componenti ventrali e dorsali dell'attenzione spaziale di Corbetta e Shulman

Modello di competizione interemisferica di Kinsbourne

- ognuno dei due emisferi ha una preferenza (bias) a orientare l'attenzione in direzione controlaterale
- la forza della preferenza dell'emisfero sinistro sarebbe fisiologicamente maggiore rispetto a quella dell'emisfero destro
- in condizioni normali i due emisferi sono in stato di inibizione reciproca
- una lesione dell'emisfero destro causerebbe una disinibizione del bias attentivo verso destra dell'emisfero sinistro e una disattenzione per lo spazio di sinistra
- in caso di lesione emisferica sinistra si produce una disinibizione della preferenza attenzionale verso sinistra dell'emisfero destro, tuttavia non in grado di produrre una significativa disattenzione per lo spazio destro, proprio perché questa preferenza è più debole rispetto a quella dell'emisfero sinistro per lo spazio destro.



- 
- 
- gli effetti dell'inibizione reciproca tra i due emisferi non si verificherebbero tramite le connessioni callosali ma indirettamente tramite le connessioni tra i collicoli superiori
 - ogni emisfero manifesterebbe la sua **preferenza** spaziale e motoria controlaterale proprio tramite le sue proiezioni al collicolo superiore ipsilaterale
 - quindi una lesione cerebrale unilaterale produce una ipoattivazione del collicolo omolaterale e una disinibizione di quello controlaterale
 - l'inibizione reciproca tra i due collicoli consente, in una condizione di normalità, che l'attenzione verso i due emispazi sia bilanciata.
 - Kinsbourne sostiene inoltre che lesioni cerebrali unilaterali non creano solamente delle preferenze attenzionali per l'emispazio controlesionale ma anche un gradiente preferenziale all'interno dello stesso emispazio. per esempio nel caso di eminegligenza a sinistra sono più sfavorite le posizioni più a sinistra dell'emispazio destro
 - lesioni cerebrali unilaterali creano secondo questo modello un'alterazione del gradiente attentivo spaziale piuttosto che un deficit unilaterale che interessa l'emispazio controlaterale

Modello di competenza spaziale di Heilman-Mesulam

- ▶ secondo questo modello la maggiore frequenza del neglect sinistro deriva da differenti competenze spaziali dei due emisferi
- ▶ l'emisfero destro sarebbe dotato di meccanismi che dirigono l'attenzione verso entrambi gli emispazi mentre l'emisfero sinistro orienta l'attenzione solo verso l'emispazio destro
- ▶ quindi lesioni dell'emisfero sinistro non producono deficit attenzionali controlaterali, perché in questo caso l'emisfero destro intatto sarebbe ancora in grado di allocare l'attenzione in entrambi gli emispazi
- ▶ lesioni a carico dell'emisfero destro lascerebbero intatta solo la capacità dell'emisfero sinistro di dirigere l'attenzione verso il lato destro dello spazio, determinando un neglect per l'emispazio sinistro

Modello di competenza spaziale di Heilman-Mesulam

questo modello ha trovato diverse conferme sperimentali:

1. un accentuata desincronizzazione dei segnali EEG nell'emisfero sinistro solo per stimoli presentati nell'emispazio destro, ma una desincronizzazione sull'emisfero destro a seguito di stimoli presentati sia nello spazio sinistro che in quello destro
2. se viene inattivato l'emisfero destro si ottiene una deviazione dello sguardo verso destra, suggestiva di un bias controlaterale dell'emisfero sinistro che è attivo. Al contrario se viene inattivato l'emisfero sinistro non causa un'altrettanto forte deviazione dello sguardo verso sinistra. Questo fenomeno suggerisce che l'emisfero destro non abbia una marcata preferenza per lo spazio controlaterale (tecnica WADA).

Modello delle componenti ventrali e dorsali dell'attenzione spaziale di Corbetta e Shulman

Il modello prevede una distinzione funzionale tra il sistema:

- ▶ ventrale: formato da giunzione temporo-parietale, giro frontale inferiore medio
- ▶ dorsale: comprende solco intraparietale, lobulo parietale superiore e campi oculomotori frontali
- ▶ studi fMRI hanno evidenziato che le uniche attivazioni cerebrali chiaramente lateralizzate a destra sono relative a compiti di riorientamento dell'attenzione verso bersagli attentivi spazialmente invalidi (bersagli che compaiono in una posizione diversa rispetto a quella indicata da un segnale attentivo)
- ▶ le attivazioni prodotte da bersagli validi determinano un'attivazione della giunzione temporo-parietale e dei giro frontale inferiore e medio dell'emisfero destro che è indipendente dal lato in cui appare il bersaglio preceduto da un segnale non valido.

Modello delle componenti ventrali e dorsali dell'attenzione spaziale di Corbetta e Shulman

- secondo questo modello l'incidenza del neglect da lesione destra è determinato da una lesione diretta delle aree temporo-parietali adibite al riorientamento attentivo e a una inattivazione funzionale delle regioni attentive più dorsali contigue alla lesione (solco intraparietale e lobulo intraparietale superiore)
- in accordo con il modello di Kinsbourne, il neglect sarebbe la conseguenza di uno sbilanciamento dei livelli di attivazione delle aree dorsali e una iperattivazione di queste aree dell'emisfero intatto e un ipoattivazione di quello lesso.

Orientamento dell'attenzione

Vengono distinte due forme:

- ▶ esplicite (overt): prevedono l'indirizzamento delle risorse attenzionali come avviene per esempio quando si sposta lo sguardo verso un target
- ▶ implicite (covert): si riferiscono ad un indirizzamento dell'attenzione disaccoppiato rispetto allo sguardo, infatti l'attenzione può essere rivolta a porzioni dello spazio extra-foveale

Orientamento dell'attenzione

Alcuni autori hanno ipotizzato che esista una forte relazione fra queste due forme di orientamento dell'attenzione:

- ▶ è stato postulato che i meccanismi nervosi sottostanti siano unitari come suggerito dalla teoria premotoria, secondo la quale il **meccanismo nervoso alla base dell'orientamento implicito dell'attenzione verso una certa posizione dello spazio sarebbe da ricondurre agli stessi meccanismi nervosi responsabili dell'esecuzione di un movimento rapido degli occhi (saccadi) verso la stessa posizione, anche quando il movimento viene solo programmato ma non eseguito.**
- ▶ **Si tratterebbe di una sorta di attivazione sotto-soglia del comando oculomotorio di entità insufficiente a produrre la deviazione dello sguardo ma sufficiente a determinare lo spostamento dell'attenzione implicita**

Orientamento dell'attenzione

Contrari a questa ipotesi ci sono diverse osservazioni:

- ▶ è dimostrato che l'attenzione implicita può essere indirizzata verso porzioni extrafoveali
- ▶ se si ipotizza che il comando oculomotorio possa essere responsabile dell'orientamento implicito dell'attenzione rimane non chiaro quale sia il meccanismo selettivo che faccia attivare il comando oculomotorio piuttosto che altri comandi.

Orientamento dell'attenzione

un'altra ipotesi è che il meccanismo attenzionale implicito (direzione dello sguardo) possa essere considerato come un meccanismo primario finalizzato alla selezione delle possibili posizioni su cui può essere diretto lo sguardo. E' come se la scena visiva fosse «campionata» tramite l'attenzione implicita prima di eseguire il movimento saccadico verso la posizione prescelta.

Questo avviene per due ragioni:

- ▶ portare la fovea verso uno stimolo comporta un vantaggio evidente nella sua percezione ma contemporaneamente uno svantaggio verso la percezione degli altri stimoli che possono cadere in posizione extra-foveale della retina
- ▶ ogni volta che si esegue una saccade per alcune decimi di ms la visione risulta degradata (fenomeno della soppressione saccadica) con un conseguente costo con termini di efficienza comportamentale

Meccanismi di selezione e soppressione

I meccanismi di soppressione che impediscono di spostare l'attenzione verso stimoli non d'interesse possono essere ingaggiati: in modo reattivo o in modo proattivo.

- ▶ quelli reattivi intervengono in seguito all'effettiva comparsa di uno stimolo distraente
- ▶ quelli proattivi o anche definiti preventivi si attivano quando il sistema cognitivo si trova nella condizione di poter prevedere che in un certo contesto potranno essere presenti degli stimoli distraenti. Questo è estremamente dispendioso sia perché l'effetto disturbante di questi stimoli compromette l'attività mentale distogliendo risorse dal compito primario sia perché il sistema cognitivo alloca delle risorse per limitare la distrazione.

Forme di attenzione selettiva

- **Attenzione visuo-spaziale:** è un tipo di attenzione fortemente relata alle rappresentazioni cerebrali dello spazio. Nel cervello esistono numerose mappe nervose dello spazio visivo che è rappresentato secondo molteplici sistemi di coordinate (**allocentriche ed egocentriche**) e, per quelle egocentriche, su coordinate centrate sulla fovea, sul capo, sul tronco e su altri segmenti del corpo. Inoltre lo spazio visivo non è codificato solo sulle dimensioni del piano frontale ma anche nella dimensione della profondità, grazie a meccanismi di visione mono e bioculare. Inoltre lo spazio viene suddiviso in base a coordinate legate alla vicinanza o meno dall'individuo: spazio peripersonale ed extrapersonale.
- Inoltre, la codifica dello spazio visivo viene continuamente rimappata tutte le volte che spostiamo gli occhi.

Le posizioni spaziali non sono le uniche su cui opera l'attenzione

Esistono due tipi di meccanismi attenzionali:

- ▶ uno che analizza a tutto campo gli oggetti e consente di individuare oggetti con una determinata proprietà visiva (es. oggetti di colore rosso).
- ▶ uno che consente di individuare una proprietà specifica fra tutte quelle che compongono lo stesso stimolo, per esempio solo il colore, ignorando la forma. Quest'ultimo meccanismo non si può avvalere né di meccanismi basati sull'oggetto (perché la selezione deve avvenire fra proprietà dello stesso oggetto) né meccanismi di natura spaziale (perché diverse proprietà dell'oggetto occupano la stessa posizione nello spazio).

Quindi il meccanismo che entra in gioco si deve basare sulla possibilità di esaltare l'elaborazione di una proprietà a scapito delle altre (come avviene nel test di Stroop e nel WCST)

Controllo dell'attenzione

Esistono diverse teorie su come avvenga il controllo attenzionale quella dicotomica prevede che vengano distinti meccanismi di controllo attenzionale endogeni ed esogeni.

- ▶ **Endogeni:** l'attenzione sarebbe indirizzata sulla base di un atto cognitivo deliberato e consapevole grazie ad un meccanismo volontario guidato dagli obiettivi (goal-driven o top-down) comportamentali del momento.
- ▶ **Esogeni:** dall'altro lato stimoli dotati di salienza percettiva intrinseca (es. stimolo rosso tra stimoli verdi) richiamano l'attenzione indipendente dalla volontà del soggetto, in modo riflesso (stimulus-driven o bottom-up).

Questa dicotomia è stata superata da recenti studi: l'attenzione è influenzata da segnali provenienti dalla memoria a breve e a lungo termine per cui, per esempio, se una certa informazione è stata selezionata o ignorata nel recente passato, il sistema attenzionale tenderà a selezionarla o ignorarla di nuovo, anche se questo non è richiesto dal compito, attivando una sorta di controllo implicito inconsapevole che non dipende dalle caratteristiche intrinseche dello stimolo.

Controllo dell'attenzione

Il controllo dell'attenzione può essere plasmato da altre caratteristiche: la presenza di premi e di punizioni, ricalcando i principi di condizionamento sia classico che operante.

- ▶ Il sistema tende a selezionare stimoli associati a premi come se quegli stimoli avessero raggiunto una maggior salienza. il potere dello stimolo è in funzione dell'entità del premio (maggiore è il premio, maggiore è la cattura dell'attenzione).
- ▶ I premi possono modificare le prestazioni attenzionali anche attraverso un meccanismo di natura skinneriana, definito **reinforcement learning** se la selezione di uno stimolo determina una conseguenza positiva allora la selezione dello stimolo ne risulterà rafforzata e si realizzerà con maggior frequenza.

I risultati di questi due meccanismi sembrano essere uguali tra loro, in realtà sono diversi in relazione agli stimoli che devono essere ignorati. se, per esempio, il sistema ignora uno stimolo distraente e a questo comportamento fa seguito un premio otterremo un rinforzo sulla capacità di ignorare quegli stimoli. Quello che assume rilievo non è quindi l'associazione tra lo stimolo e l'evento premiante ma fra lo stimolo e l'operazione attenzionale ad esso applicata, rinforzata dal premio.

Controllo dell'attenzione

Diversi quadri psicopatologici e di disturbi del comportamento, come le fobie e le dipendenze da abuso di sostanze sono relate a spiccate anomalie di natura attenzionale a causa di una sorta di orientamento obbligato dell'attenzione verso oggetti presenti nell'ambiente.

Per esempio, i fumatori hanno una tendenza esagerata a dirigere l'attenzione verso oggetti dell'ambiente relati al fumo come pacchetti di sigarette o posacenere, a causa di un'associazione ripetuta nella fase di acquisizione della dipendenza fra questi stimoli e gli effetti appaganti della sostanza che indurrebbero un aumento della salienza percettiva di quegli oggetti.

Altre forme di attenzione selettiva

Oltre a poter essere diretta verso una specifica direzione dello spazio, l'attenzione può essere guidata:

1. da informazioni relative a specifiche caratteristiche visive dello stimolo (**features based attention**)
2. oppure focalizzarsi su specifici oggetti di interesse (**object based attention**)

Altre forme di attenzione selettiva: feature based attention

1. L'attenzione feature-based facilita l'elaborazione percettiva di tutti gli stimoli della scena visiva che possiedono le proprietà di interesse.

E' guidata da caratteristiche percettive che identificano un bersaglio visivo: colore, orientamento o direzione del movimento. La caratteristica fondamentale di questa forma di attenzione è che ha un'influenza globale sull'elaborazione della scena visiva, in quanto agisce in modo simultaneo sullo spazio, anche se è possibile che intervengano modulazioni attenzionali feature-based che possono essere potenziate in certe regioni dello spazio verso cui è diretta l'attenzione visuo-spaziale.

Nel macaco l'area V4 (via ventrale) e MT (via dorsale) sembrano essere correlati neurali di questa forma di attenzione visiva non spaziale. Un compito di ricerca visiva di un bersaglio definito da proprietà visive specifiche, per esempio colore rosso e forma rotonda determina una scarica nei neuroni visivi in tutti gli elementi della scena che possiedono queste caratteristiche prima che il macaco abbia localizzato lo stimolo bersaglio.

Altre forme di attenzione selettiva: feature based attention

- ▶ In particolare, scaricheranno quei neuroni che hanno una preferenza di risposta per quella caratteristica dello stimolo (es. colore rosso). E' stato dimostrato che nell'area corticale V4 questa forma di attenzione può alterare la selettività di una popolazione di neuroni visivi spostandola nella direzione della proprietà rilevante, per esempio il colore rosso.
- ▶ Questa forma di attenzione permette di dare risalto a tutti gli stimoli della scena visiva che per le loro caratteristiche potrebbero essere dei potenziali bersagli, consentendo un'elaborazione privilegiata ad alcuni e non a quelli che hanno caratteristiche visive non d'interesse.



Altre forme di attenzione selettiva: feature based attention

2. L'attenzione feature-based produce un'inibizione attiva delle proprietà più simili ad essa

Se il mio obiettivo di ricerca è il colore rosso, l'attenzione feature-based determina un aumento della risposta a tutti gli stimoli rossi ma una diminuzione della risposta neuronale a quelli di colore simile (es. arancioni), lasciando inalterata la rappresentazioni di colori più dissimili rispetto al mio obiettivo (es. blu)

In sostanza sopprime le proprietà che confinano con quelle rilevati rispetto al mio target, attenuando le caratteristiche confondibili rispetto a quelle d'interesse che costituiscono una facile forma di distrazione che può indurre ad errori



Altre forme di attenzione selettiva: feature based attention

i centri neuronali responsabili dell'attenzione feature-based sono situati principalmente nelle regioni ventrali della PFC e nel fascicolo pre-arcuato ventrale della scimmia. Un'inattivazione temporanea di quest'area produce nel macaco l'incapacità di individuare stimoli di potenziale rilevanza.

Altre forme di attenzione selettiva: object-based attention

- L'attenzione può operare anche su rappresentazioni globali di oggetti, il processo avviene in modo efficace anche quando l'oggetto bersaglio è collocato spazialmente nella stessa posizione di un oggetto distraente.
- Un'importante implicazione dei meccanismi attenzionali guidati da rappresentazioni degli oggetti è che la selezione di una proprietà che fa parte dell'oggetto rilevante si accompagna all'elaborazione privilegiata anche delle proprietà diverse di quello stesso oggetto, anche quando queste non sono rilevanti per il compito. Questo fenomeno è noto come **cross-feature attention**.
- Recenti studi hanno dimostrato che la diffusione delle modulazioni attenzionali a proprietà irrilevanti di un oggetto avviene secondo una dinamica temporale ben precisa, coinvolgendo sequenzialmente prima i substrati nervosi che elaborano le proprietà attese dell'oggetto e solo dopo quelle irrilevanti.

Attenzione e coscienza

La prima distinzione significativa da fare è tra:

- stato di coscienza: definisce i livelli generali di coscienza, per esempio coma sonno/veglia
- contenuti di coscienza: si riferisce a ciò di cui siamo consapevoli in un determinato momento, per esempio vedere la prof a lezione

Block distingue due forme di coscienza:

- fenomenica: consiste in pure esperienze sensoriali, come colore, forme, suoni e sensazioni corporee
- di accesso: si riferisce ad informazioni che accedono alla memoria e al linguaggio e che determinano il comportamento e che può essere collocata in una sorta di memoria di lavoro

Rapporti tra attenzione e coscienza

- La relazione tra coscienza ed attenzione è ritenuta essere strettamente significativa: non esiste coscienza senza attenzione e non esiste attenzione senza coscienza. Tuttavia, l'attenzione e la coscienza possono essere disgiunte e agire in modo indipendente.
- Le diverse forme di attenzione, spaziale (location-based), rivolta agli oggetti (object based) e quella rivolta alle caratteristiche dello stimolo (features-based) possono avere rapporti differenti con la coscienza

Dipendenza tra attenzione e coscienza

Per sostenere la relazione tra le due funzioni sono stati usati due diversi tipi di esperimenti

1. presentazione di uno stimolo visivo inaspettato mentre il partecipante all'esperimento è impegnato in un compito percettivo che richiede un grande sforzo cognitivo. In questa condizione, il partecipante non percepisce uno stimolo visivo anche in assenza di disturbi.
2. studio di pazienti con neglect in cui lo stimolo viene presentato nel lato dello spazio negletto senza essere percepito nonostante l'assenza di cecità corticale.

In soggetti sani l'assenza di attenzione non consente di raggiungere una consapevolezza percettiva grazie a tre tipi di studi:

1. inattentional blindness = cecità da mancanza attenzione
2. change blindness = cecità al cambiamento
3. attentional blink = ammiccamento attentivo

Inattention blindness

Questo paradigma prevede di impegnare un partecipante in un compito percettivo primario che richiede l'attenzione focalizzata per rilevare uno stimolo di scarsa visibilità, per esempio con l'uso del backward masking.

1. Il paradigma prevede che il rilevamento di uno stimolo visivo sia bloccato dalla presentazione successiva (frazioni di secondo) da una maschera visiva costituita da una figurazione complessa che se fosse presentata insieme allo stimolo, lo coprirebbe completamente.
2. l'effetto dipende dall'interferenza della maschera sullo stadio di memoria iconica, che impedisce all'attenzione selettiva di codificare lo stimolo in MBT e quindi di consentire l'accesso alla coscienza.
3. se durante il compito precedentemente descritto al punto 1, in modo inaspettato, viene presentato dall'altra parte del campo visivo uno stimolo critico non visibile, non viene comunque percepito dai soggetti. Questo dimostra che senza attenzione non si percepisce.
4. affinché questo pattern sia rispettato è necessario che il soggetto non sappia che verrà presentato uno stimolo critico e che sarà sottoposto a pochissimi trial.

Change blindness

- ▶ si riferisce al mancato riconoscimento delle differenze fra due immagini presentate in rapida successione, identiche fra loro, se non per un particolare molto evidente che tuttavia non viene notato
- ▶ Il partecipante sa che il suo compito è di rilevare un cambiamento ma nonostante ciò non riesce ad individuarlo
- ▶ quindi mentre, nell'inattentive blindness la mancata percezione dello stimolo critico è dovuta al fatto che l'attenzione è completamente focalizzata sul compito primario, nella change blindness il soggetto non ha il tempo di focalizzarsi su tutta l'immagine.
- ▶ quindi in entrambi i casi non si raggiunge una coscienza percettiva che rende impossibile l'ingresso dell'input nella memoria di lavoro che consentirebbe l'accesso alla coscienza.

Attentional blink

1. Presentazione in rapida successione (100 ms) di una lettera nera (S1) seguita da altre lettere. il compito del soggetto è di dire se S2 era una X oppure no. Se S2 veniva presentata entro 500 ms da S1 non veniva rilevata correttamente, anche se S1 veniva sempre vista.
2. La causa di questo dato è attenzionale piuttosto che sensoriale perché il mancato rilevamento di S2 non avveniva se al soggetto veniva detto di ignorare S1. Inoltre, se l'intervallo di tempo fra S1 e S2 aumentava, l'effetto di ammiccamento diminuiva o scompariva.
3. il dato è quindi ascrivibile al fatto che la percezione di S1 non lascia il tempo sufficiente a causa della rapida presentazione seriale a S2 di entrare nella memoria di lavoro e poi nel circuito fronto-parietale responsabile della comparsa della consapevolezza percettiva.
4. per accedere alla coscienza percettiva, lo stimolo deve entrare in uno spazio **neurale-globale** che permette di mettere in comunicazione la rappresentazione dello stimolo con le aree cerebrali deputate alla sua elaborazione.

Attenzione e coscienza possono essere disgiunte e agire separatamente

Dati di brain imaging e elettrofisiologici suggeriscono che l'attenzione esogena (bottom-up) sia necessaria ma non sufficiente per una coscienza percettiva mentre l'attenzione endogena sembra essere meno importate per la coscienza.

- ▶ **Studio di attenzione endogena:** è stato descritto un caso clinico di un paziente con lesione ristretta alla corteccia visiva primaria dell'emisfero sinistro con emianopia destra. nonostante cecità nell'emicampo di destra, il paziente era in grado di localizzare e discriminare nel campo cieco, stimoli visivi di vario tipo al di sopra del caso, senza avere consapevolezza percettiva (fenomeno della visione cieca).
- ▶ La strategia usata da Kentridge prevedeva di presentare un indizio simbolico centrale visibile al paziente che gli indicava di focalizzare l'attenzione dall'emicampo sano su quello cieco. il compito del soggetto era di tenere lo sguardo sul punto di fissazione ma di premere il più velocemente possibile un pulsante alla presentazione dello stimolo bersaglio anche se non veniva percepito consapevolmente (al paziente veniva chiesto di indovinare la comparsa dello stimolo). Il paziente aveva dei tempi di reazione più veloci nelle prove valide, rispetto a quelle invalide. l'effetto era presente sia nel campo sano che in quello cieco.
- ▶ L'attenzione endogena non è indissolubilmente legata all'emergere della coscienza visiva ma può esercitare i suoi effetti senza la consapevolezza percettiva.

Attenzione e coscienza possono essere disgiunte e agire separatamente

- Il paradigma per l'**attenzione esogena** prevede un indizio periferico che compare in un emicampo visivo (flash) mentre il paziente mantiene lo sguardo sul punto di fissazione centrale.
- L'intervallo tra l'indizio e lo stimolo bersaglio deve essere breve intorno ai 150 ms
- Nei paradigmi di attenzione esogena assume una particolare importanza l'effetto arousal causato dall'improvvisa comparsa di uno stimolo saliente in presenza di stimoli periferici salienti.



Disturbi dell'attenzione

- estinzione
- simultaneoagnosia
- neglect

Estinzione

Si intende per estinzione la capacità di rilevare uno stimolo singolo presentato nel lato dello spazio opposto a una lesione emisferico, ma non di percepire lo stimolo quando è presentato simultaneamente nel lato ipsilaterale alla lesione

- è come se lo stimolo controlesionale possa essere elaborato se presentato da solo ma non in caso di stimolazione simultanea bilaterale
- può verificarsi per stimoli presentati in modalità sensoriali diverse:
(visiva, acustica, olfattiva, tattile)

può essere presente anche per stimoli presentati simultaneamente ma in modalità diverse

Estinzione visiva

- ▶ si esamina con il metodo del confronto
- ▶ in caso di estinzione visiva il paziente vede il movimento delle dita eseguito nell'emicampo controlaterale solo in assenza di stimolazione simultanea ipsilesionale

Test clinico per l'estinzione visiva: quali dita si sono mosse?



'Sinistro'

'Destro'

'Destro'

Estinzione tattile

- ▶ si esamina chiedendo al paziente bendato di segnalare quando l'esaminatore gli tocca gli arti o le guance
- ▶ la posizione degli arti può influenzare il tasso di estinzione indicando che quest'ultima non dipende solo da fattori sensoriali, infatti se ad un paziente con celebrosione destra gli si fanno incrociare le mani, il rilevamento degli stimoli può migliorare del 30% su quelli presentati sulla mano sinistra

Estinzione uditiva

per esaminare l'estinzione uditiva, l'esaminatore schiocca le dita vicino alle orecchie del paziente, quest'ultimo non rileva su presentazione bilaterale lo stimolo uditivo presentato nell'area controlesionale

Estinzione ipotesi esplicative

Si ipotizza che l'estinzione sia determinata o da:

- un problema sensoriale non abbastanza grave da compromettere la percezione dei singoli stimoli
- un disturbo dell'attenzione che favorisce gli stimoli ipsilesionali rispetto a quelli controlaterali al lato della lesione
- la coesistenza di entrambi i meccanismi
- è possibile che l'estinzione rifletta l'incapacità dello stimolo controlesionale di accedere a un centro decisionale situato nell'emisfero sinistro.
- questa ipotesi potrebbe essere avvalorata nel caso in cui utilizzando risposte non verbali diminuisse l'estinzione sinistra rendendo meno importante il contributo alla risposta dell'emisfero sinistro; infatti, una paziente con danno frontoparietale destro migliorava il rilevamento degli stimoli a sinistra quando doveva rispondere muovendo gli occhi, quindi basandosi su un'attività muscolare bilaterale organizzata su entrambi gli emisferi

Simultaneoagnosia

- è l'incapacità di percepire l'organizzazione globale di più dettagli o elementi percettivi di un singolo oggetto complesso o di una scena visiva
- nei pazienti l'attenzione è catturata/focalizzata su dettagli in assenza di una percezione globale dell'immagine
- se più oggetti sono presentati contemporaneamente il soggetto li percepisce come se fossero presentati uno alla volta.
- la presenza di simultaneoagnosia può essere analizzata con il test di Navon o attraverso il test di figure sovrapposte
- è solitamente associata a lesioni bilaterali, di origine vascolare degenerativa, a carico delle aree temporo-parietali. Studi di fMRI hanno dimostrato una dominanza dell'emisfero destro nell'analisi delle caratteristiche globali e di quello sinistro nell'analisi delle caratteristiche locali.
- l'elaborazione globale coinvolge aree pre-striate, come il giro linguale, mentre l'analisi delle caratteristiche globali dipenderebbe dal giro occipitale inferiore.
- le aree temporo-parietali fungono da sistema che regola lo spostamento dell'attenzione dal livello locale a quello globale e viceversa.

- ▶ la presenza di simultaneoagnosia può essere analizzata con il test di Navon o attraverso il test di figure sovrapposte

