

# Figyelem

**Kéri Szabolcs**  
**Polner Bertalan**

Kognitív Idegtudomány Kurzus,  
BME, 2018

# A figyelem definíciója

**FIGYELEM:** a feladattal (kontextussal) kapcsolatos reprezentációk kiválasztása, súlyozása vagy gátlása, ami a viselkedést dominánsan befolyásolja (feldolgozási kapacitás korlátozott!)

**Reprezentáció:** külső inger – perceptum (tér, tárgy), memórianyom (propozíció, kép, tér-idő), affektus, motoros program

## Metaforák a figyelem magyarázatára:

mentális

- fénycsóva („spotlight”)
- üvegnyak („bottleneck”)
- szűrő („filter”)

# A figyelem rendszerezése

## Párosul-e mozgással?

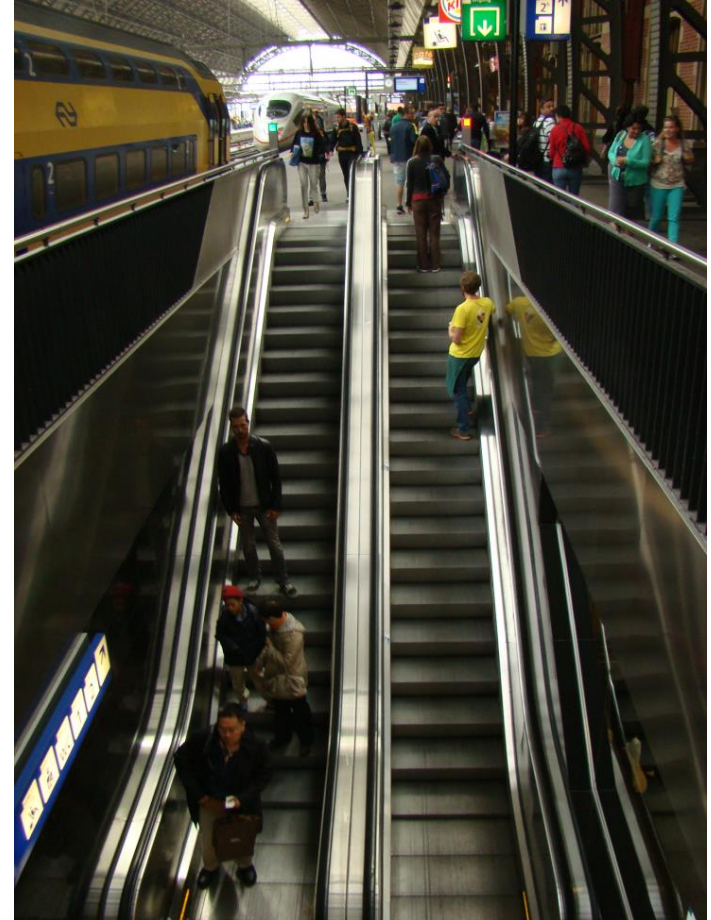
- a) Nyílt („overt”): szem, fej, test irányba fordul
- b) Rejtett („covert”): csak a figyelem „mozdul”

## Mi irányítja?

- a) Exogén: ingervezérelt - kiugró jegyek, lényeges események
- b) Endogén: belül meghatározott célok mentén vagy külső elterelő ingerekkel szemben

## Mire irányul?

- a) hely („location-based”)
- b) vonás („feature-based”)
- c) tárgy („object-based”)



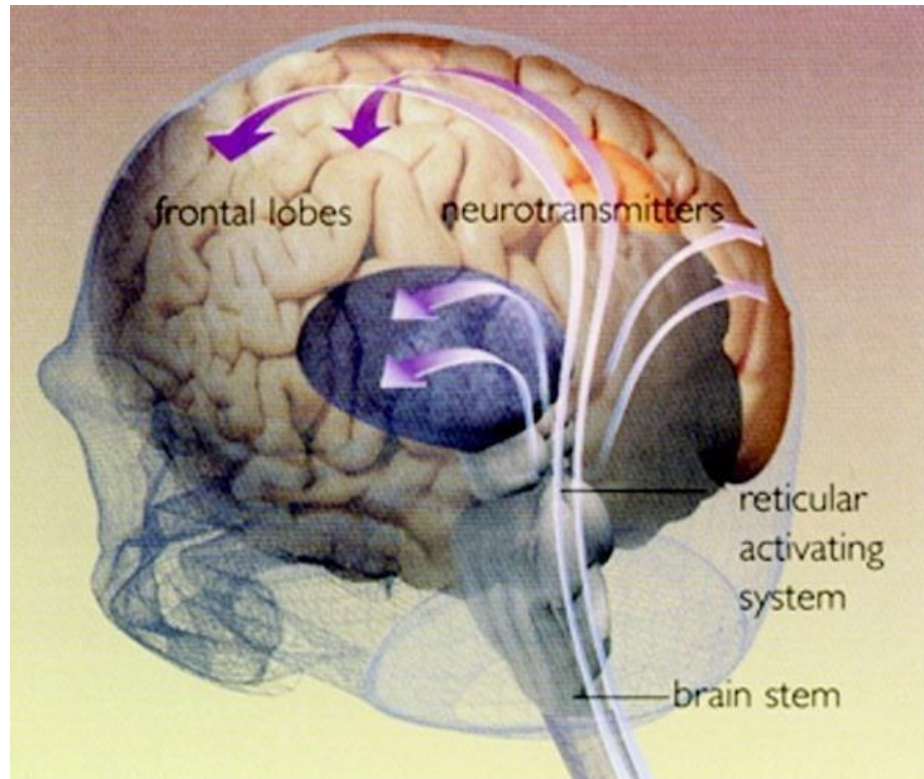
***A figyelem idegrendszeri szempontból sem egységes jelenség!***

# **I. A figyelem Posner-féle háromkomponensű modellje**

# A figyelem Posner-féle háromkomponensű modellje

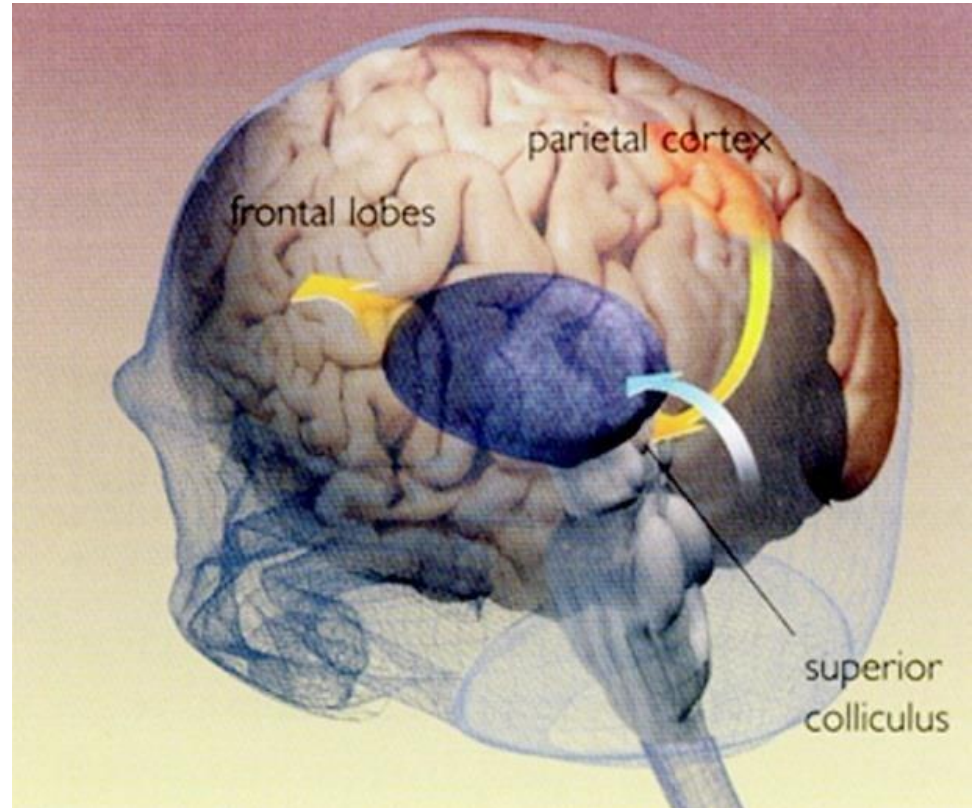
## 1. Fenntartott figyelem

- Analóg fogalmak: vigilitás, éberség, arousal, „alerting”
- Komponensei: intrinsic éberség és fázisos (feladatfüggő) aktiváció
- Teszt: egyszerű időbeli figyelmeztető jelet követő reakcióidő
- Fő idegrendszeri alap: agytörzs (felszálló aktiváló rendszer) - thalamus – cortex (fő neurotranszmitter: norepinefrin)



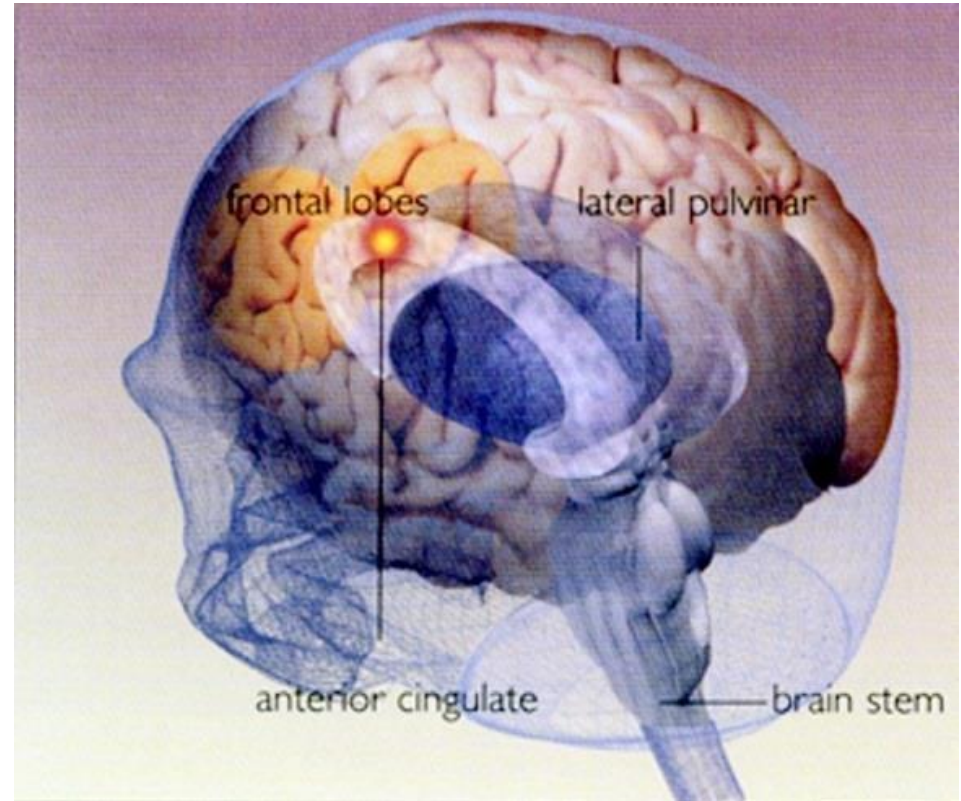
## 2. Orientációs figyelem

- Információ térbeli kiválasztása
- Rejtett (szemmozgás nélküli, „covert”) vagy nyílt (szemmozgással, „overt”)
- Térbeli figyelmeztető jelet (kulcs) követő célinger detekciója
- Endogén vs. exogén kulcs
- Posterior parietalis cortex (fő neurotranszmitter: acetilkolin)

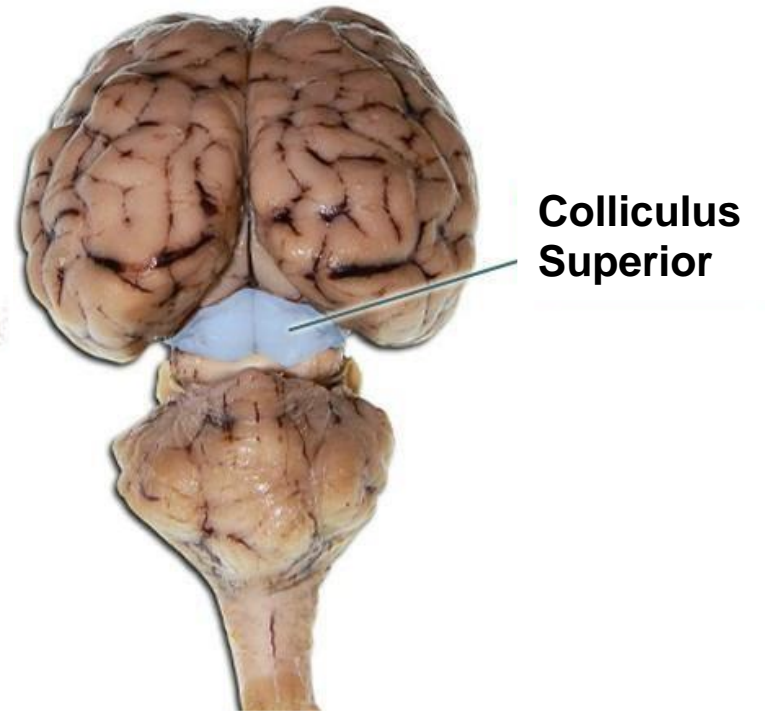
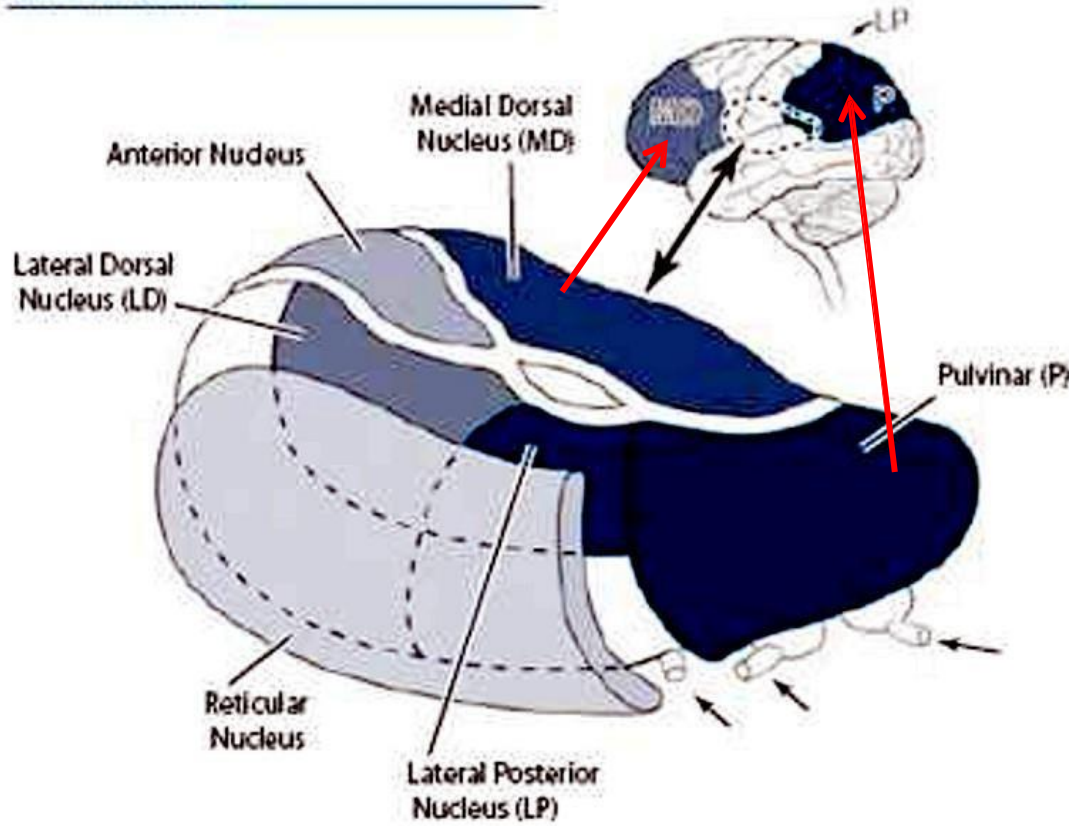


### 3. **Executiv figyelem**

- Szelektív és fókuszált figyelem
- „Supervisory attentional system”, hibadetekció, konfliktusmonitózás és kognitív (top-down) kontroll
- Munkamemória, executiv működések
- Praefrontalis cortex (kritikus transzmitter: dopamin)

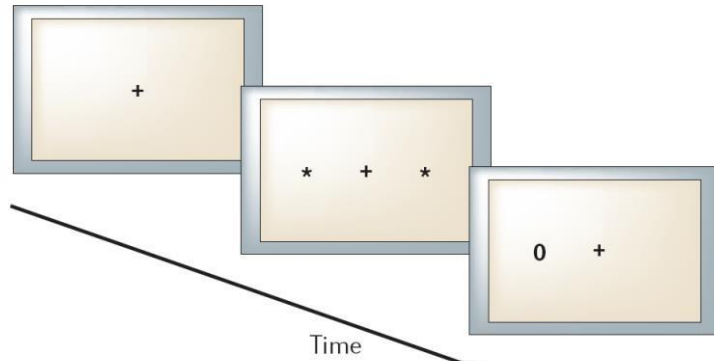


## THE THALAMUS

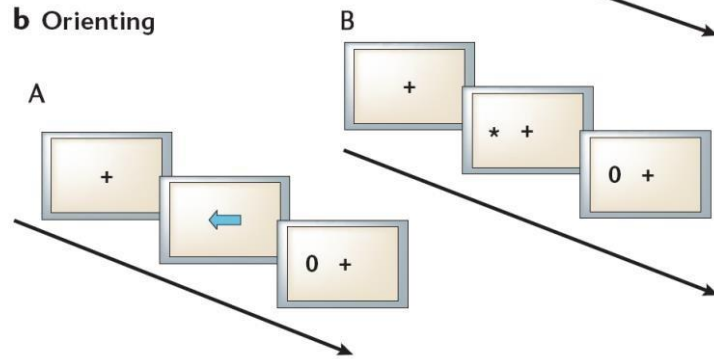




**a Alerting**



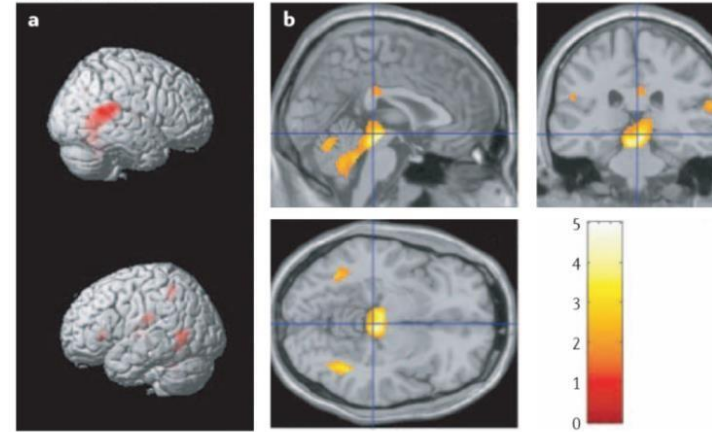
**b Orienting**



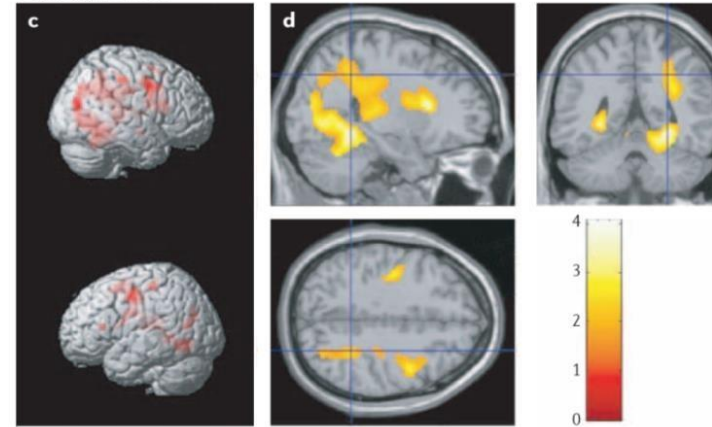
**c Conflict**

	Congruent	Neutral	Incongruent
Stroop	GREEN	KNIFE	GREEN
Flanker	AAA	XAX	BAB
Simon	↑	↑	↓

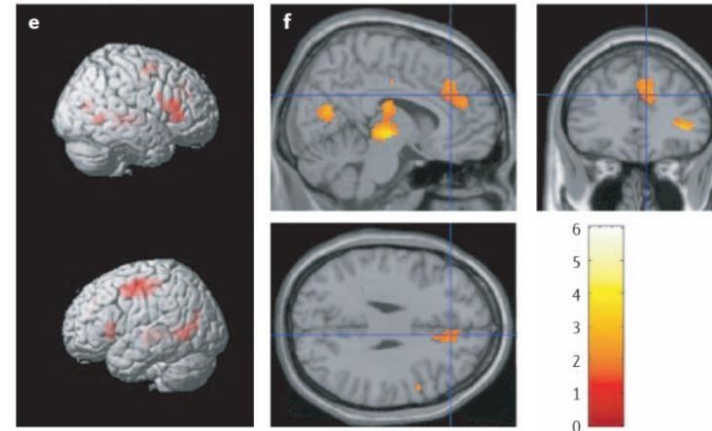
**Alerting network**



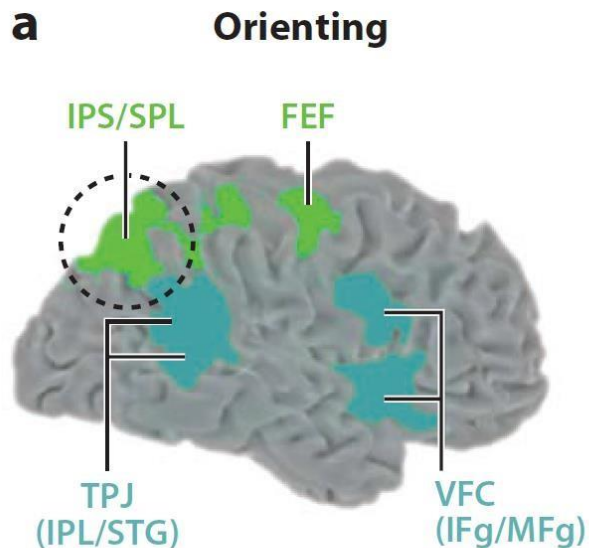
**Orienting network**



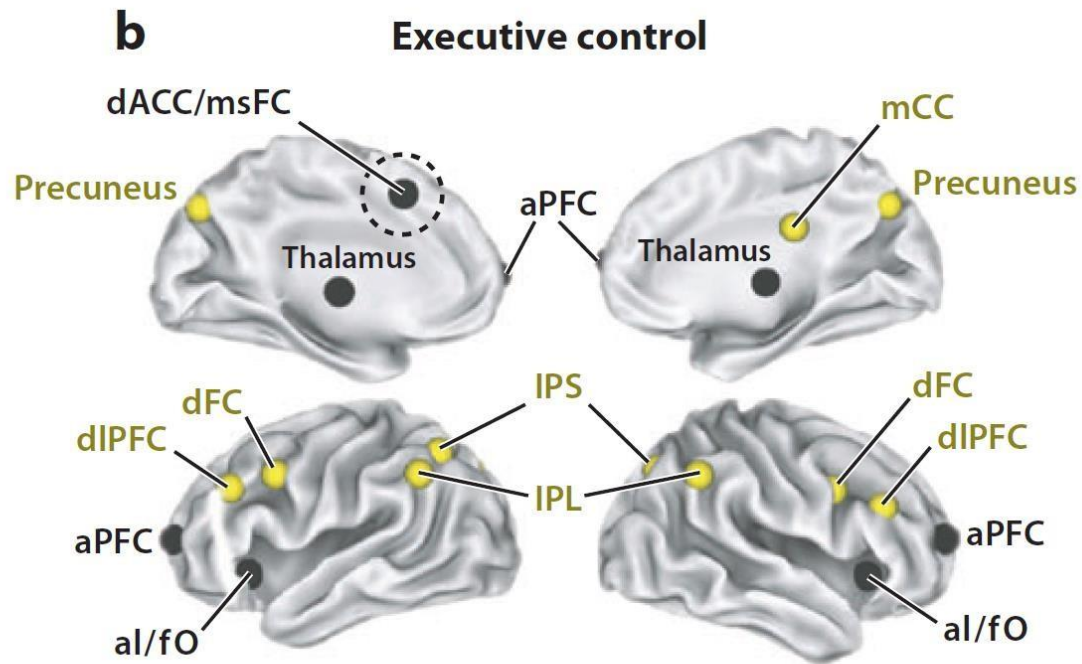
**Executive network**



# Az orientáló és a végrehajtó hálózatok további bontása



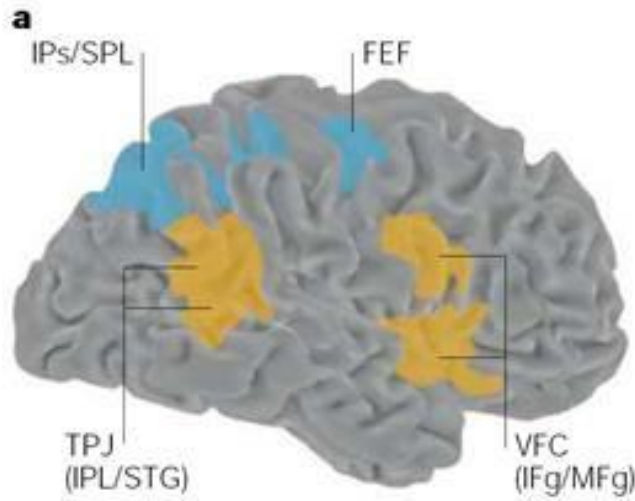
- Dorsal attention system: top-down visuospatial
- Ventral attention system: bottom-up reorienting



- Frontoparietal control system: moment-to-moment task
- Cingulo-opercular system: task set maintenance

**IPS** – intraparietalis sulcus, **SPL** – superior parietalis lebeny, **VFC** – ventralis frontalis cortex, **TPJ** – temporoparietalis junkció, **dACC** – dorsalis anterior cingulum, **dIPFC** – dorsolateralis praefrontalis cortex, **aPFC** – anterior frontalis cortex

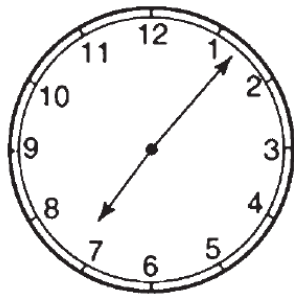
# NEGLECT



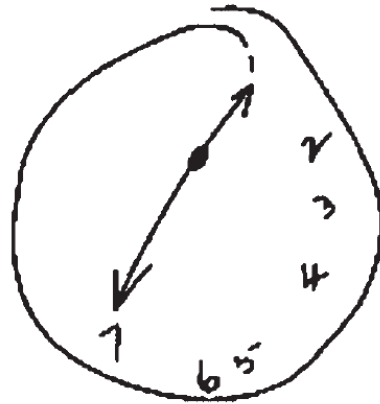
Cortical areas damaged in spatial neglect



Model



Patient's Drawing



Model



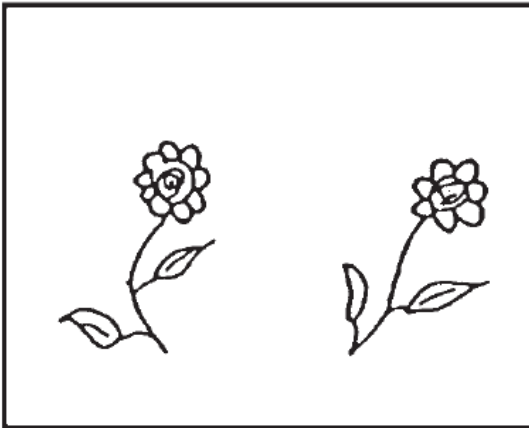
Patient's Drawing



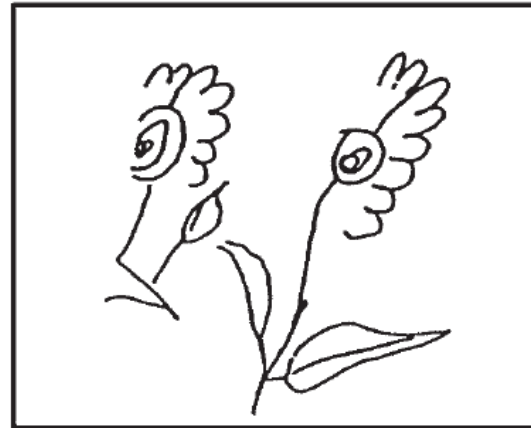


A

Model

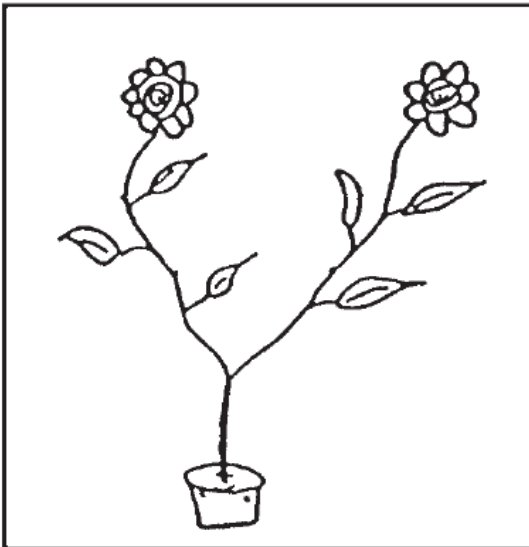


Patient's copy

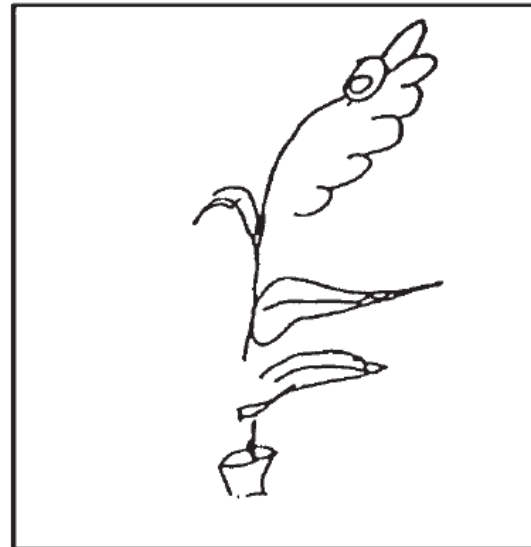


B

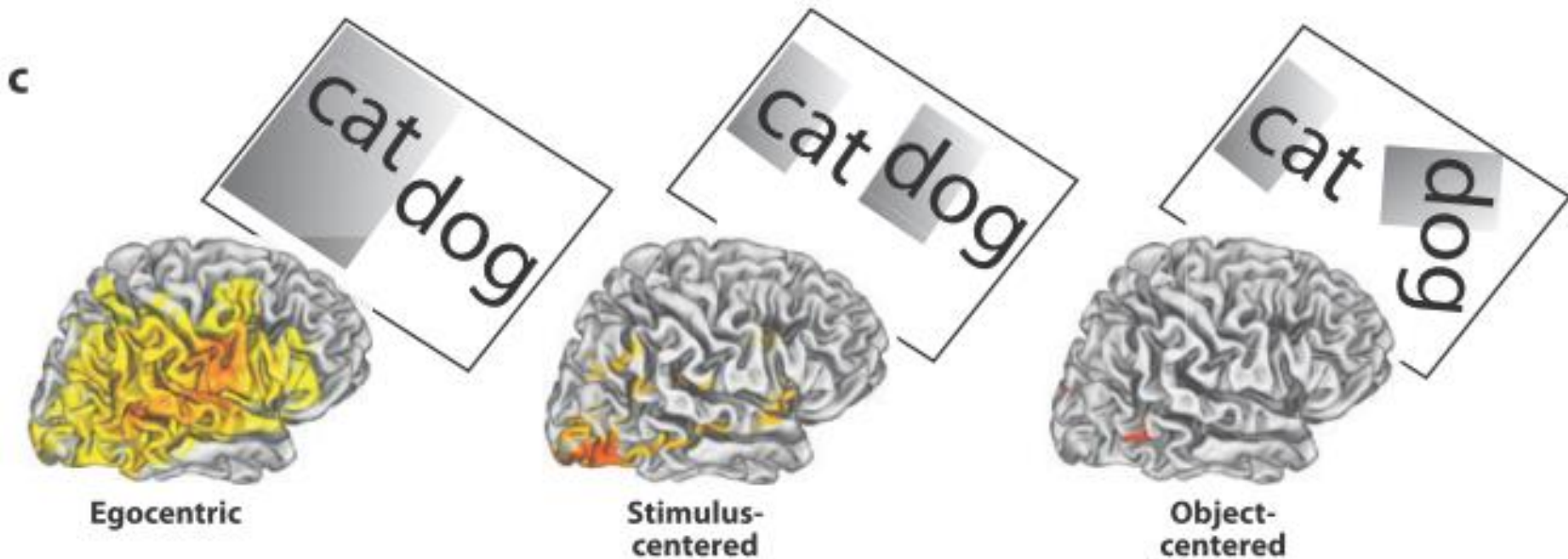
Model

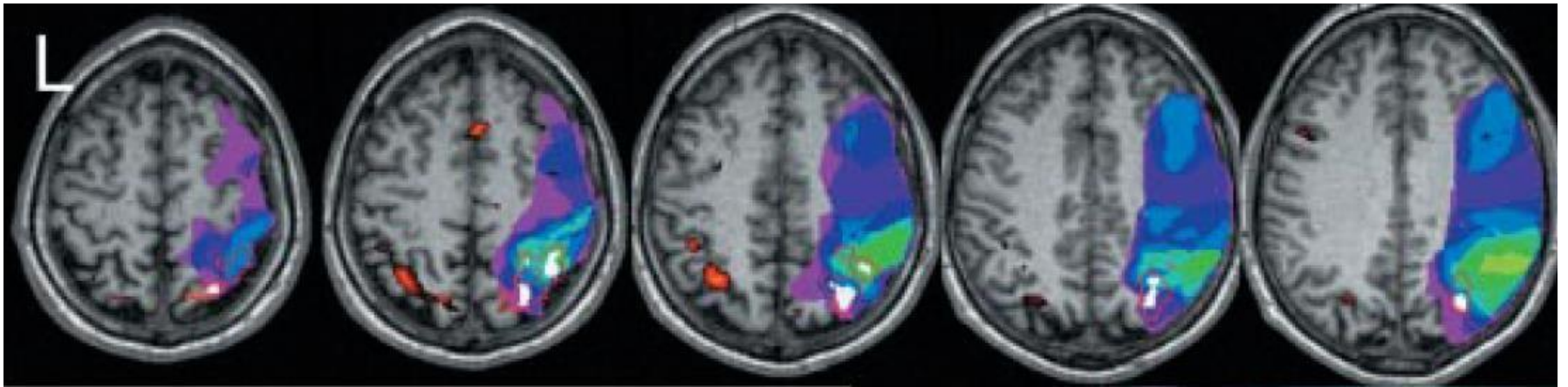


Patient's copy



## Vonatkoztatási rendszerek érintettsége neglect-ben

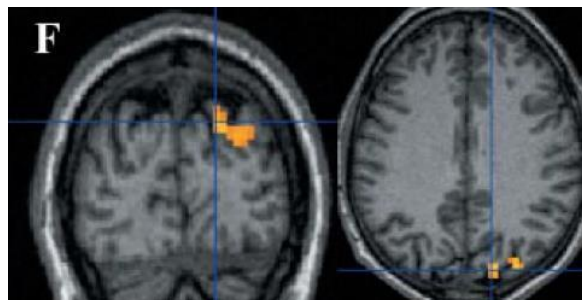


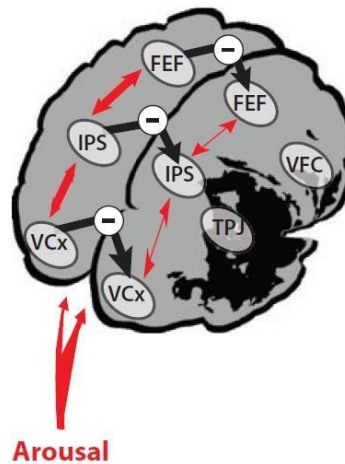
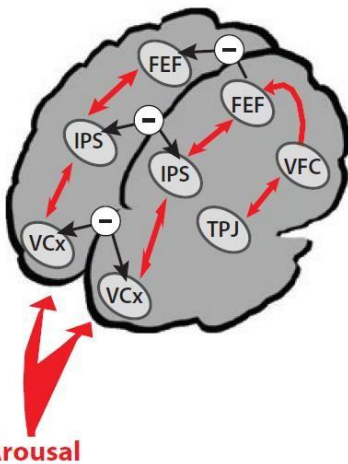
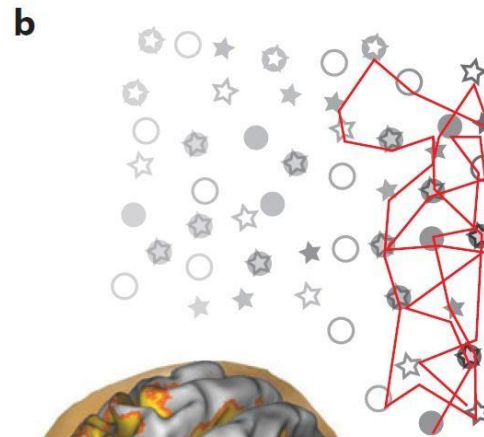
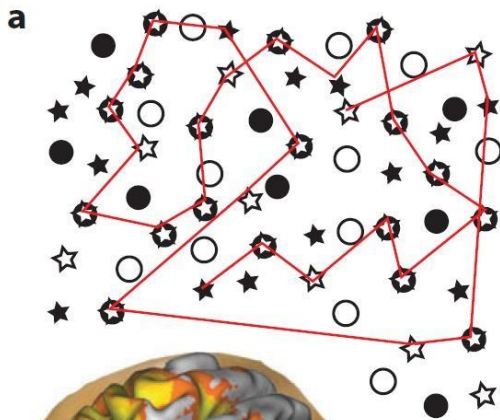


Ritka lézió neglectben

Gyakori lézió

Fehér: **IPS** aktivációja egészséges kontrolloknál spatialis figyelmi feladatban (F)





**Téri neglect:**  
 a téri figyelem és az  
 ingerjelentőség („saliency”)  
 károsodása, tipikusan egy  
 egocentrikus vonatkoztatási  
 rendszerben



# Részösszefoglalás 1. A Posner-féle figyelemmodell

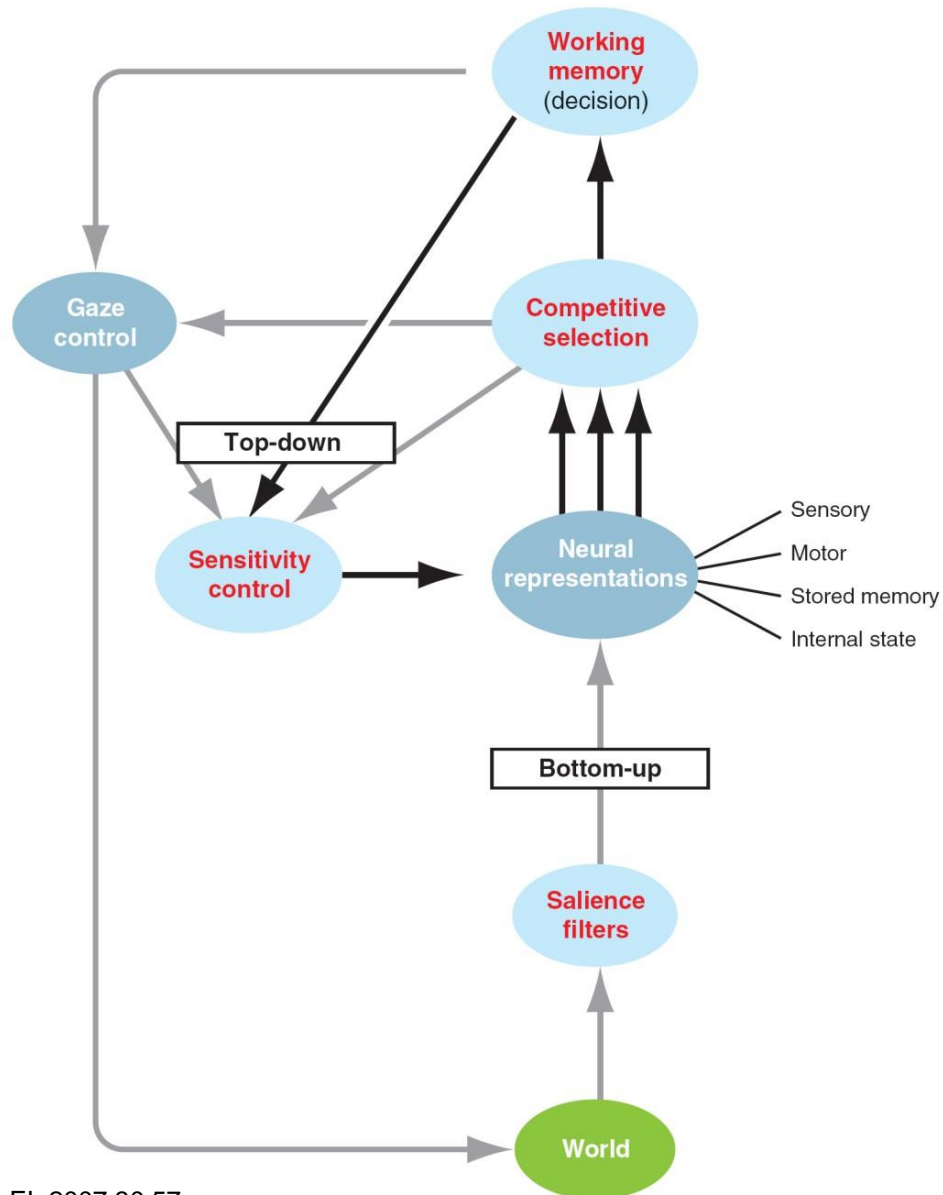
- Fenntartott, orientáció, executiv
- Frontoparietalis hálózat (bottom-up vs. top-down figyelmi kontroll)
- Agytörzsi struktúrák (felszálló aktiváló rendszer, thalamus, colliculus superior)
- Téri-orientációs figyelem zavara: neglect

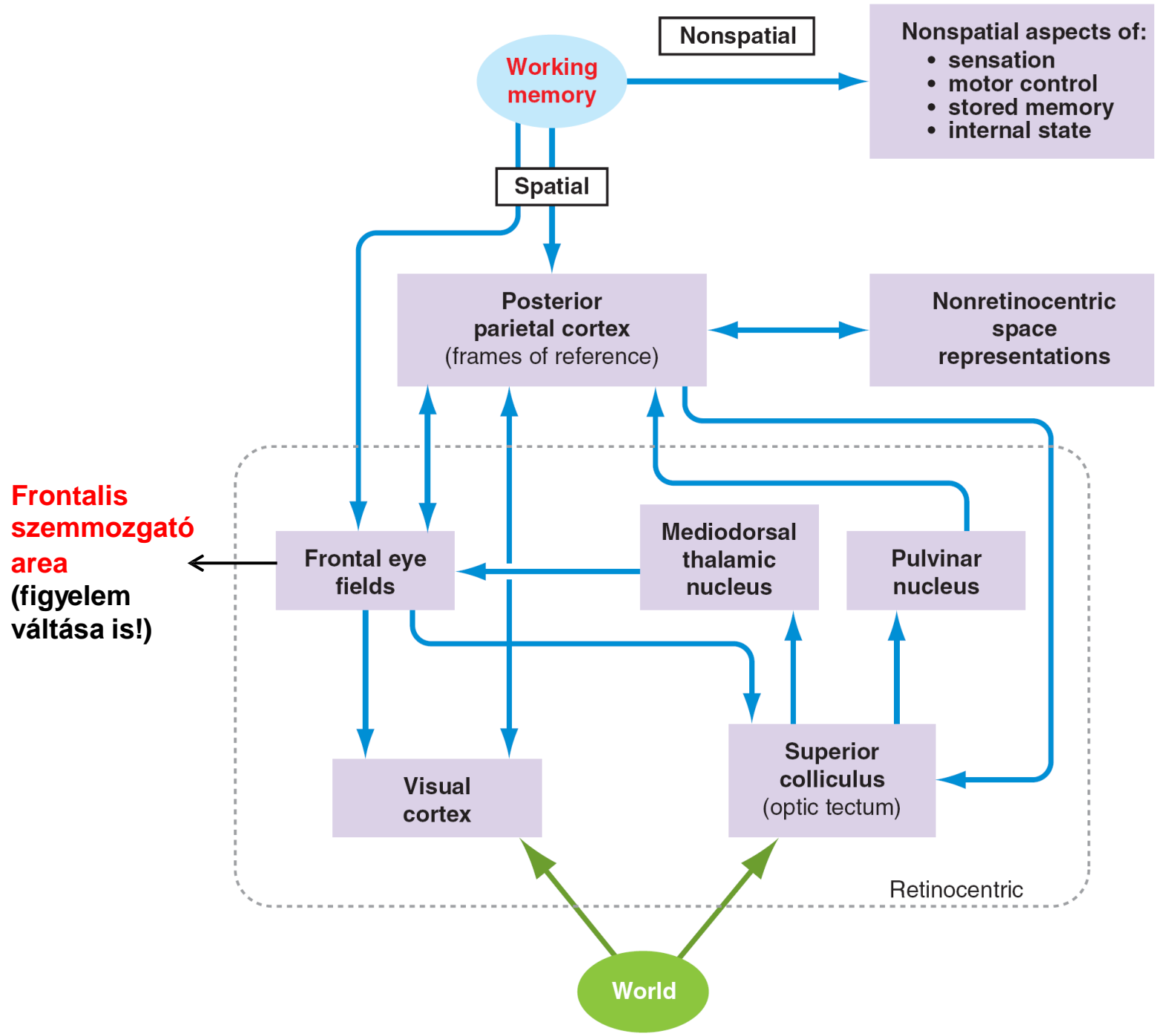
## **II. A figyelem súlyozott versengési modellje (Desimone)**

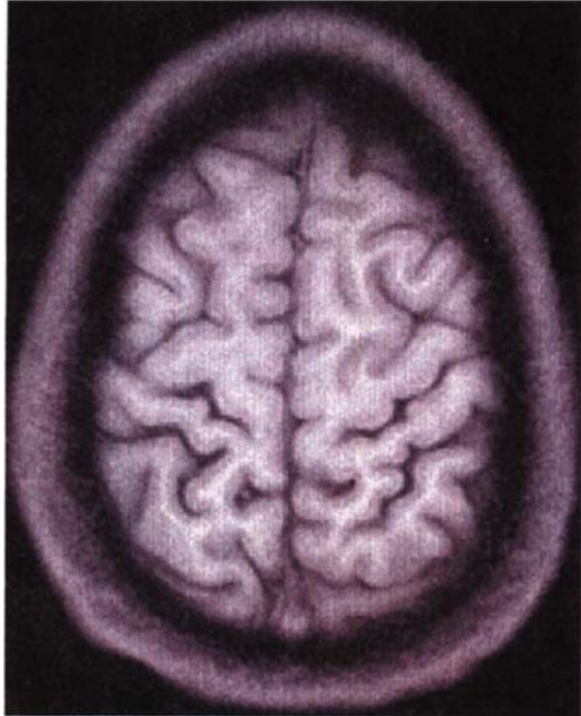
# A figyelem Desimone-Duncan-féle súlyozott versengési („biased competition”) modellje

1. **Jelentőségtérkép** (saliency filter)
2. Ingerek **versengése** a rövidtávú memóriába jutásért (competitive selection)
3. **Munkamemória** (working memory)
4. **Érzékenységkontroll**

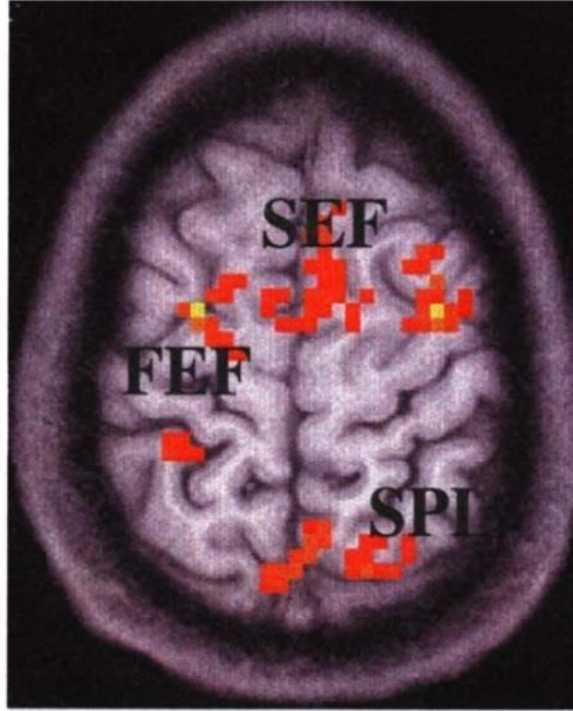
**Gaze control** = szemmozgás (és a figyelemorientáció) szabályozása



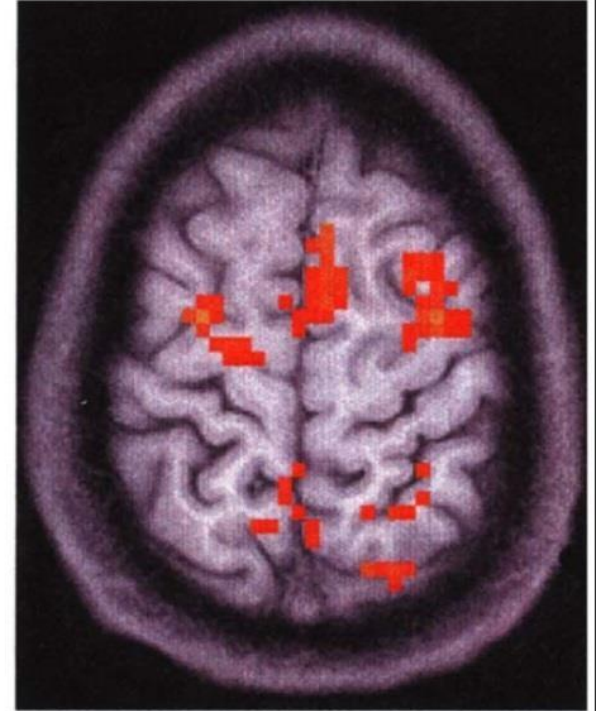




Visual stimuli without attention

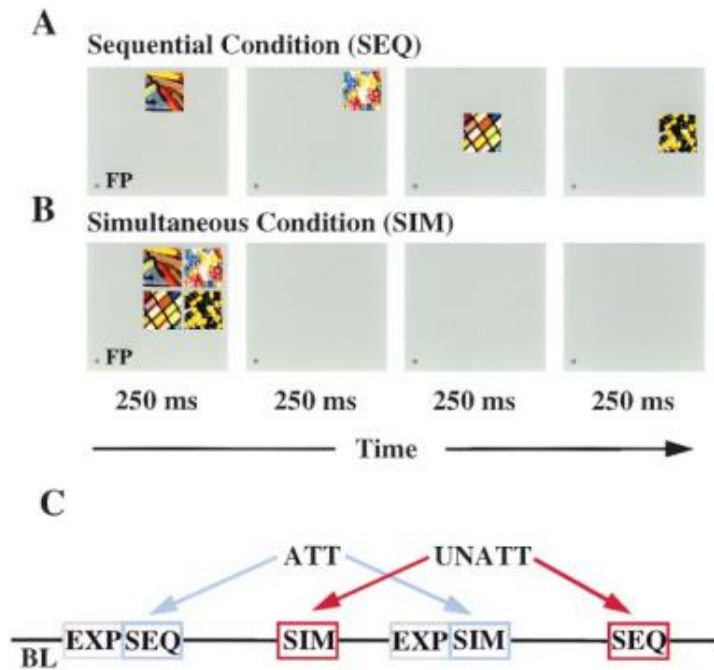


Visual stimuli and attention



Attention without visual stimuli

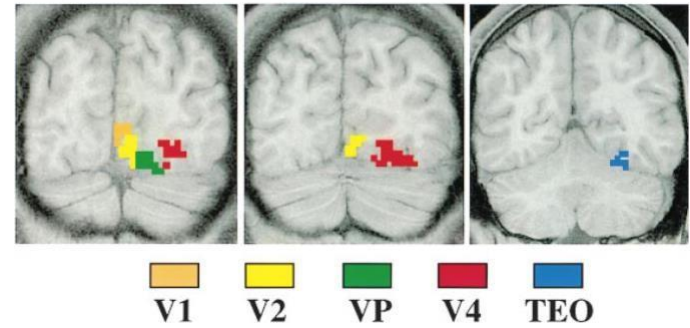
**SEF** – supplementary eye field, **FEF** – frontal eye field, **SPL** – superior parietal lobe



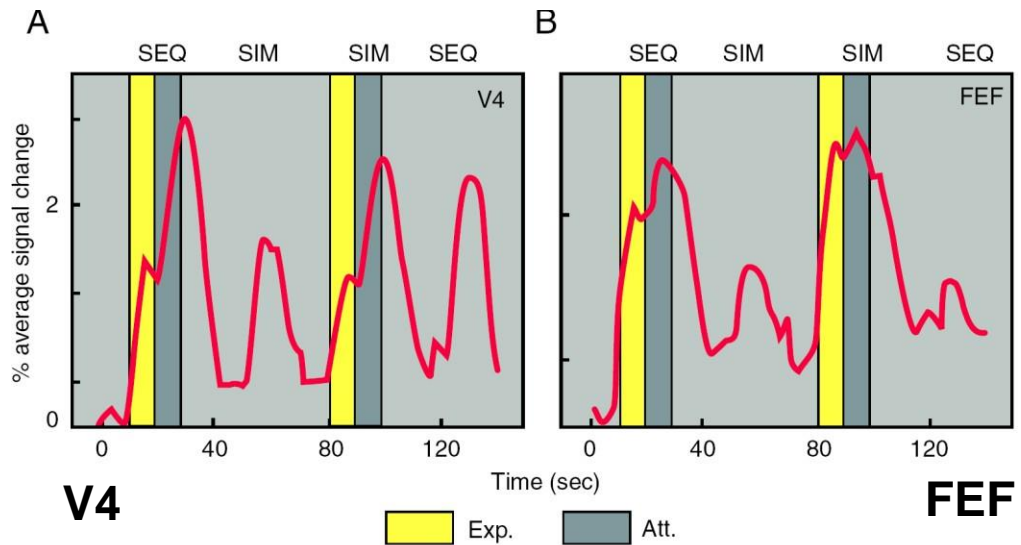
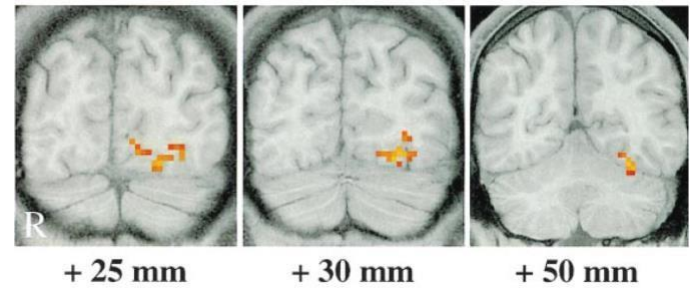
Seq – szekvenciális ingerek  
 Sim – szimultán ingerek  
 Exp – expektancia  
 Att – figyelem orientációja

## A látórendszert figyelmi szignálok modulálják

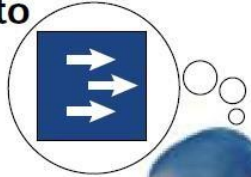
### A Unattended Presentations versus Control



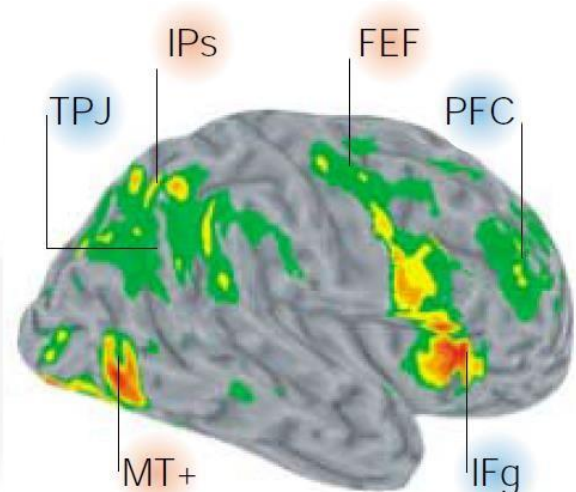
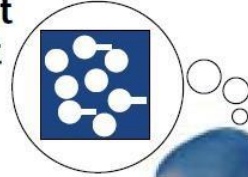
### B Expectation versus Control



**b** Attention to motion direction



Search/detect motion target



**FEF** - frontal eye field; **PFC** – prefrontalis cortex; **IFg** – inferior frontalis gyrus;  
**TPJ** – temporoparietalis junkció; **IPs** - intraparietalis sulcus, **MT** - middle temporal area

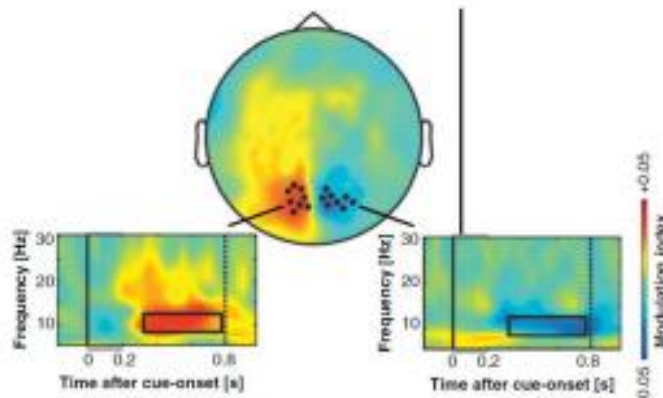
**Keresés alatt**, illetve  
**detekció** során aktív  
területek

**Gamma (30-100Hz):**  
 Alfára szuperponálódva  
 a figyelem és tudatosulás  
 ritmusa



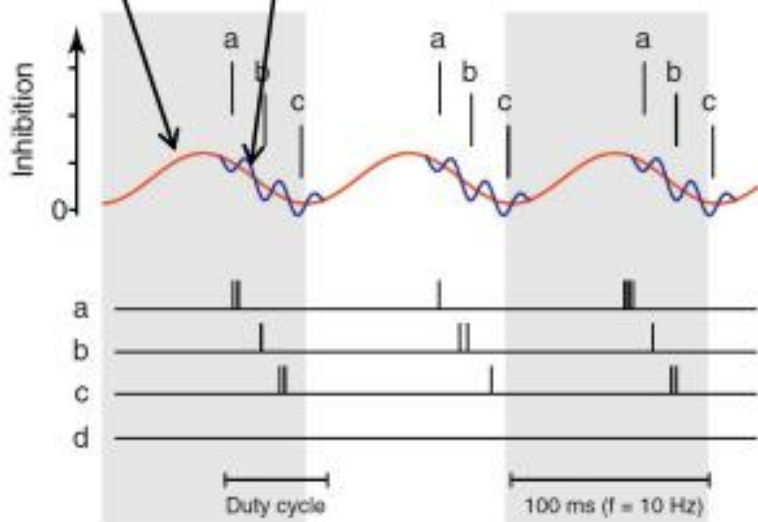
**Betűk: a figyelem célpontját  
 jelentő stimulusok**

**Alfa: gátlás**  
 (8-13 Hz ritmusos  
 neuronális aktivitás)

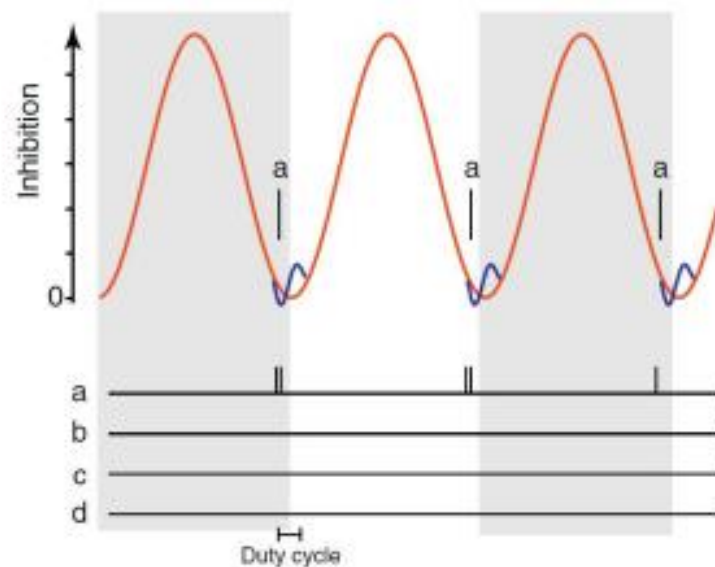


**Bal térfélre irányított  
 figyelem: jobb félteke  
 EEG alfa ritmus csökkenés**

(b) Medium alpha ('medium attention')

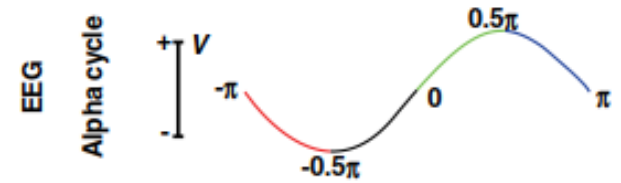
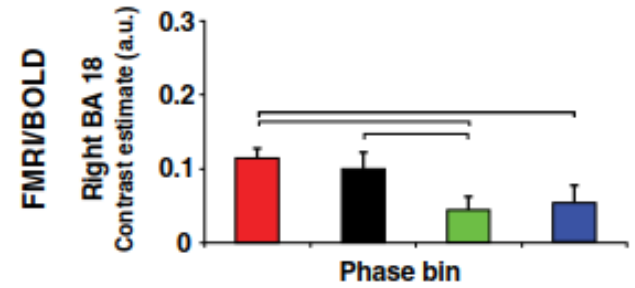
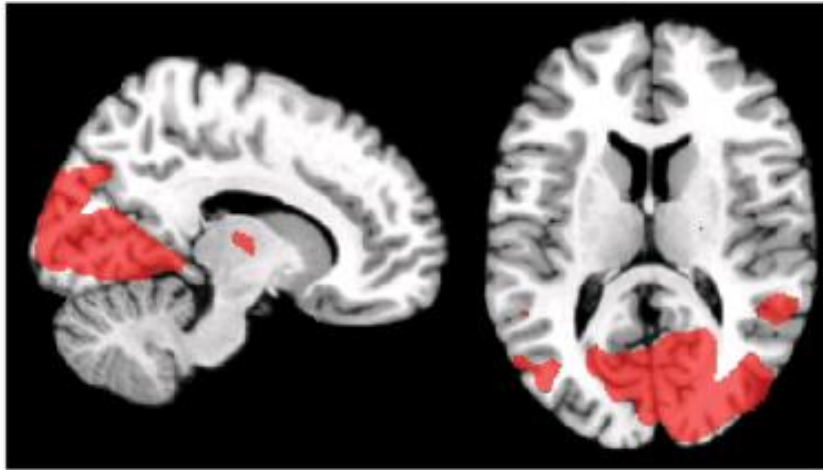
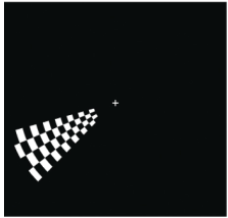


(c) High alpha ('low attention')





# Az okcipitális alfa-fázis modulálja a vizuális ingerek által kiváltott látókérgi BOLD-választ

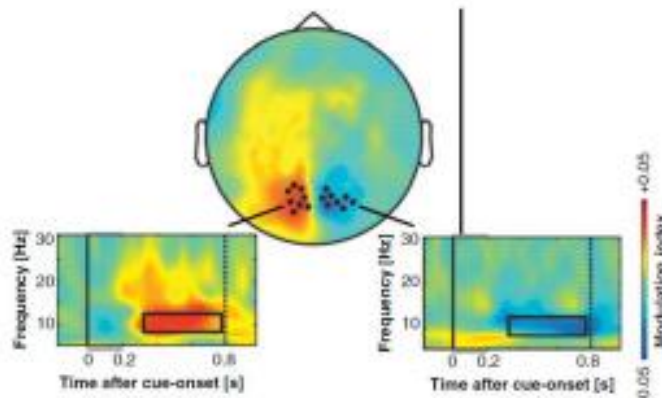


**Gamma (30-100Hz):**  
 Alfára szuperponálódva  
 a figyelem és tudatosulás  
 ritmusa



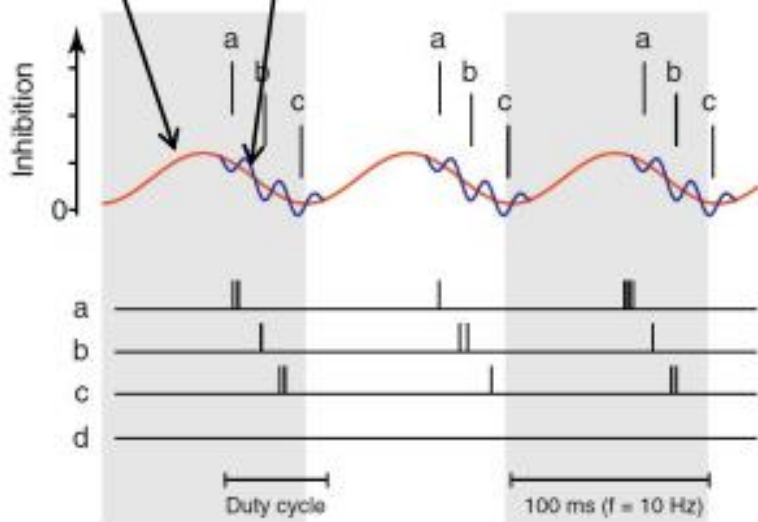
**Betűk: a figyelem célpontját  
 jelentő stimulusok**

**Alfa: gátlás**  
 (8-13 Hz ritmusos  
 neuronális aktivitás)

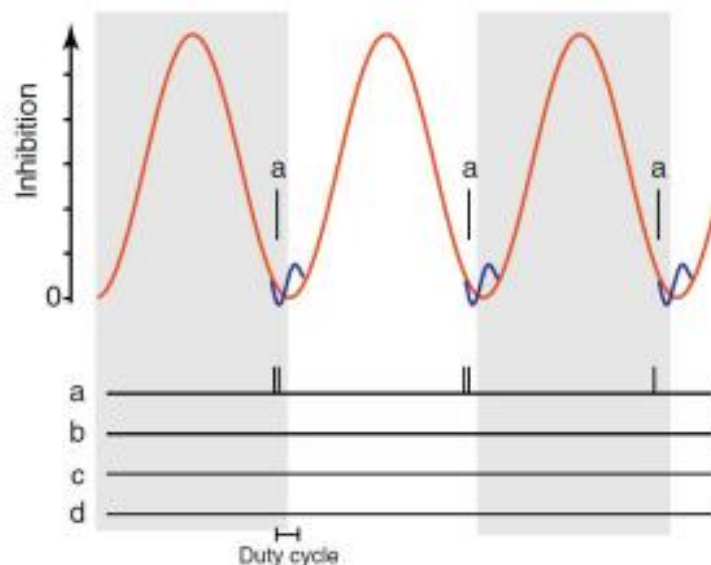


**Bal térfélre irányított  
 figyelem: jobb félteke  
 EEG alfa ritmus csökkenés**

(b) Medium alpha ('medium attention')



(c) High alpha ('low attention')

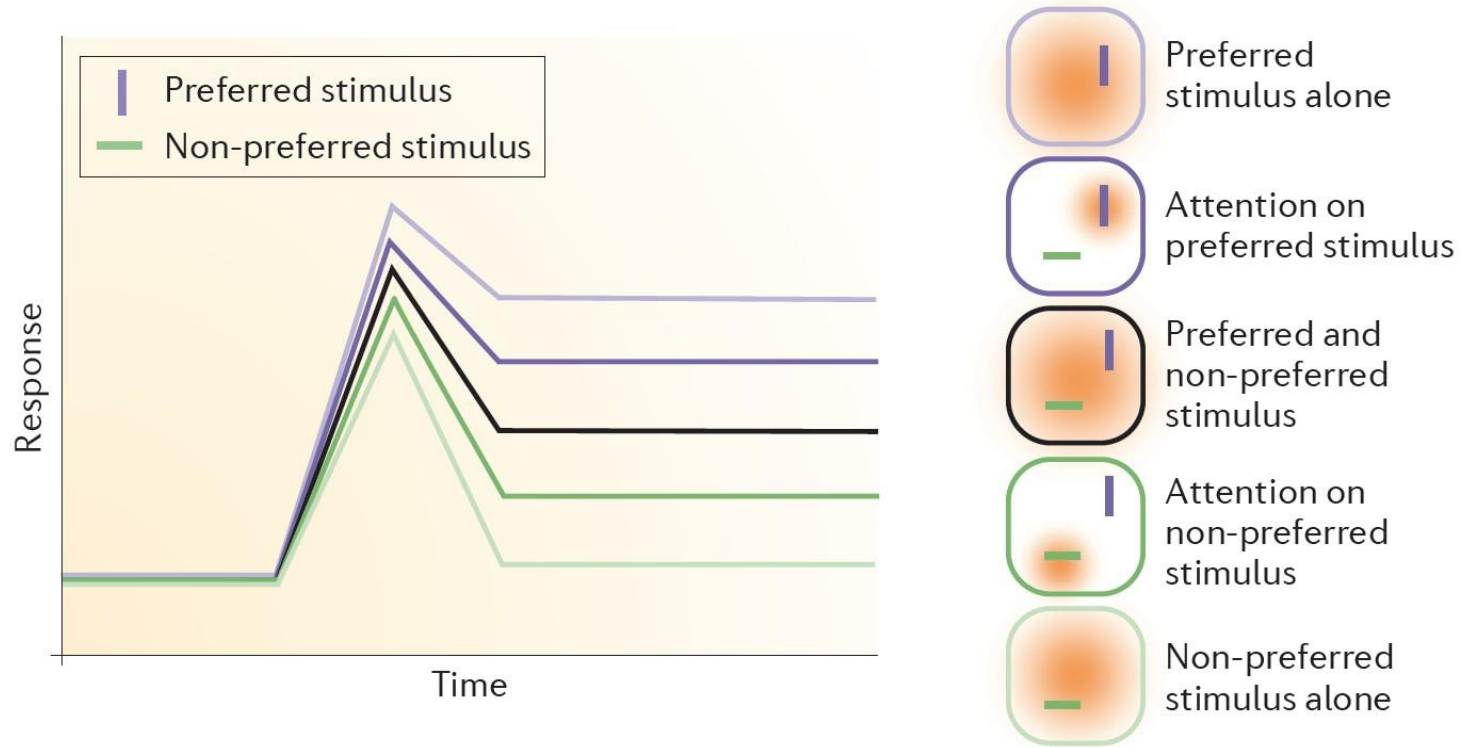


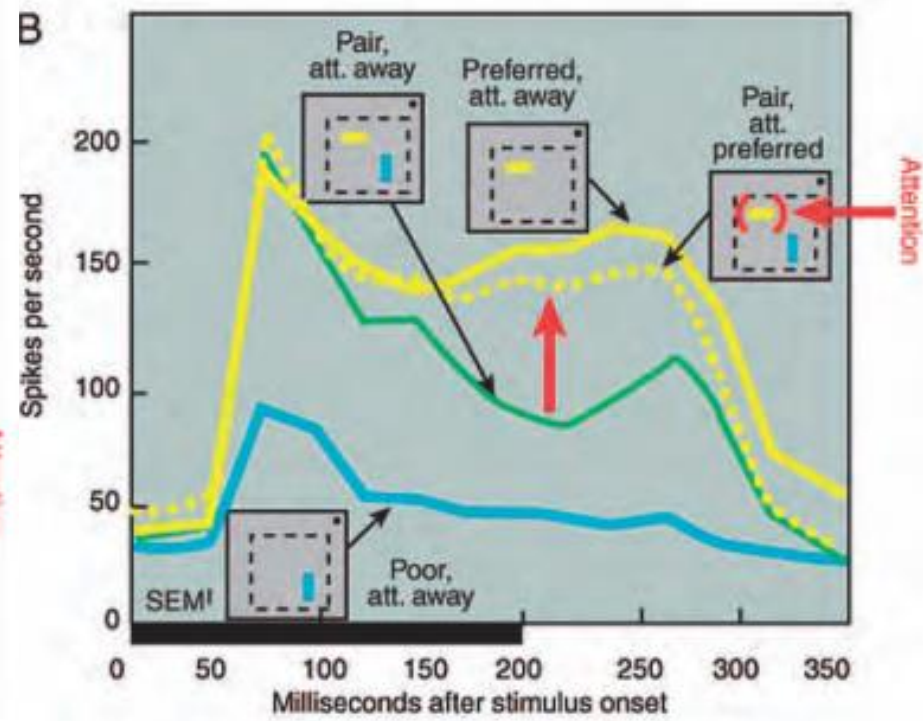
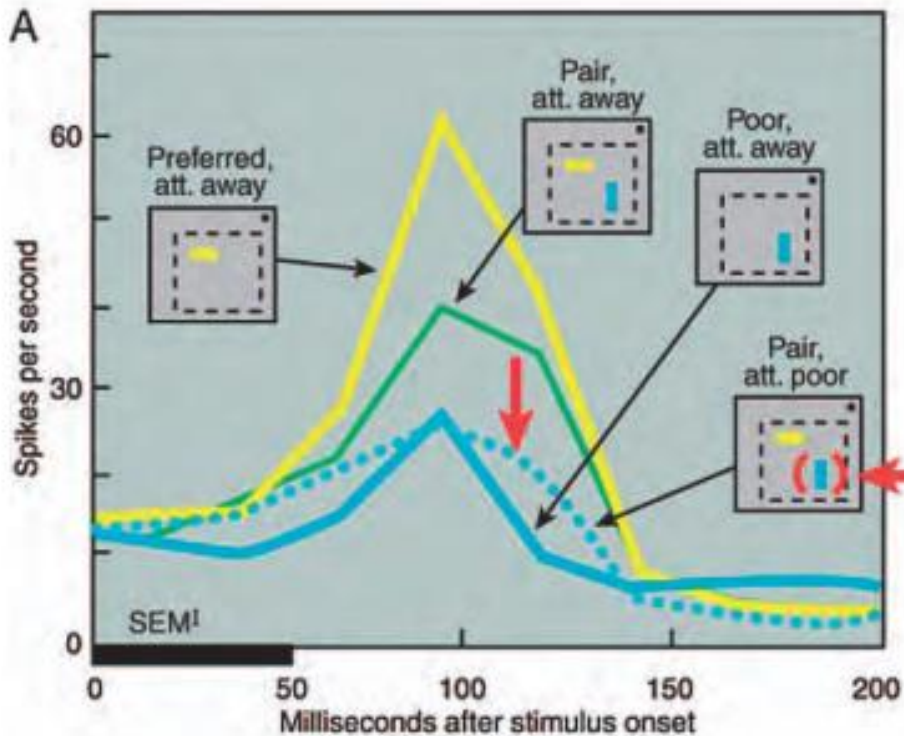
# Részösszefoglalás 2. A súlyozott versengési modell lokalizációs alapjai

- Versengés a munkamemóriáért:
  - „jelentőségfilter”
  - versengés
  - súlyozás (érzékenységi kontroll)
- Thalamus, posterior parietalis cortex, FEF, dorsalis-anterior PFC
- Alfa-gátlás, gamma aktivitás

# **III. A súlyozott versengési modell sejtszintű alapjai**

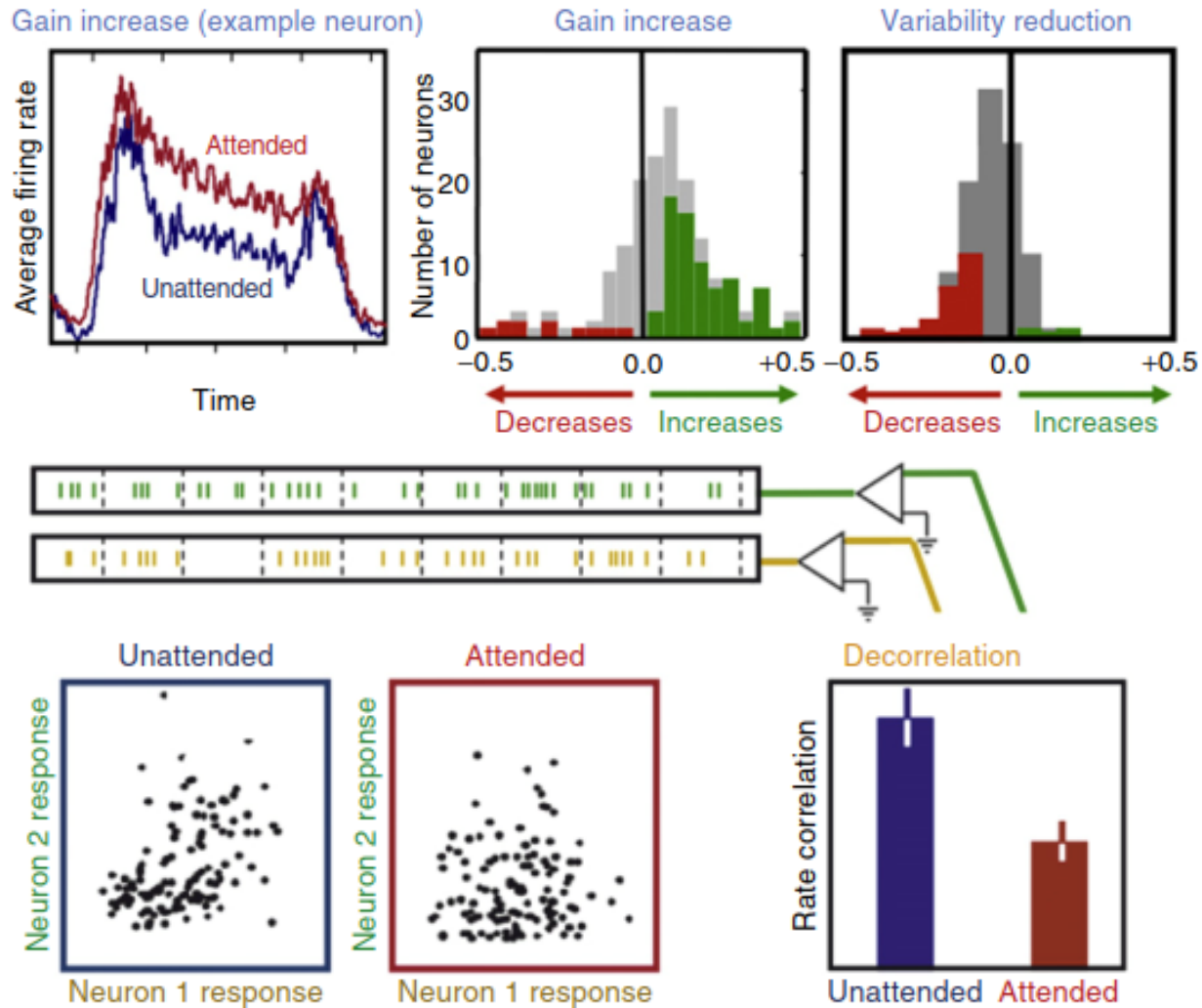
## V4/IT egysejt



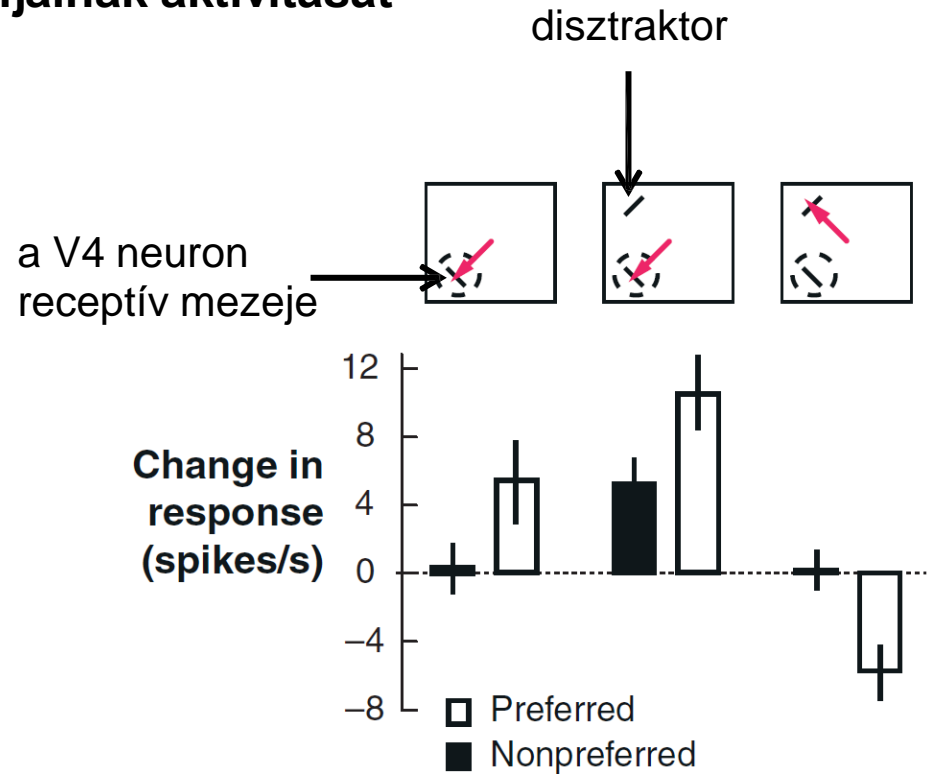
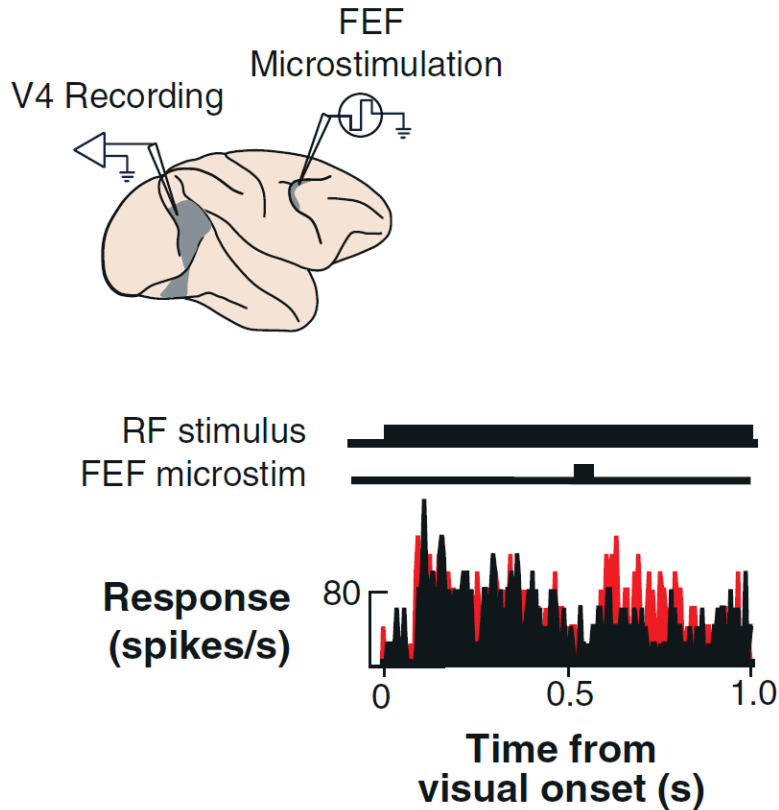


Adott ingert preferáló V2 sejt aktivitását befolyásolja egy másik inger és a figyelem

# A figyelem megbízhatóbbá teszi a neuronok által közvetített jelet



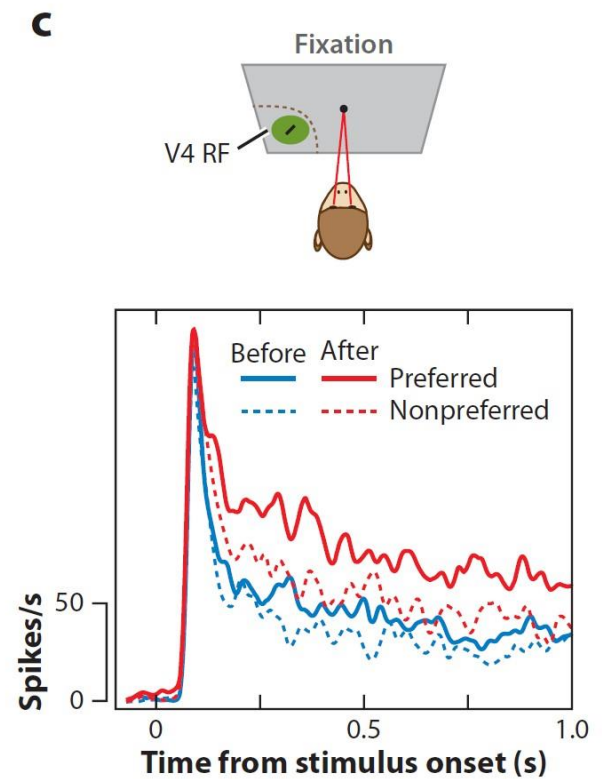
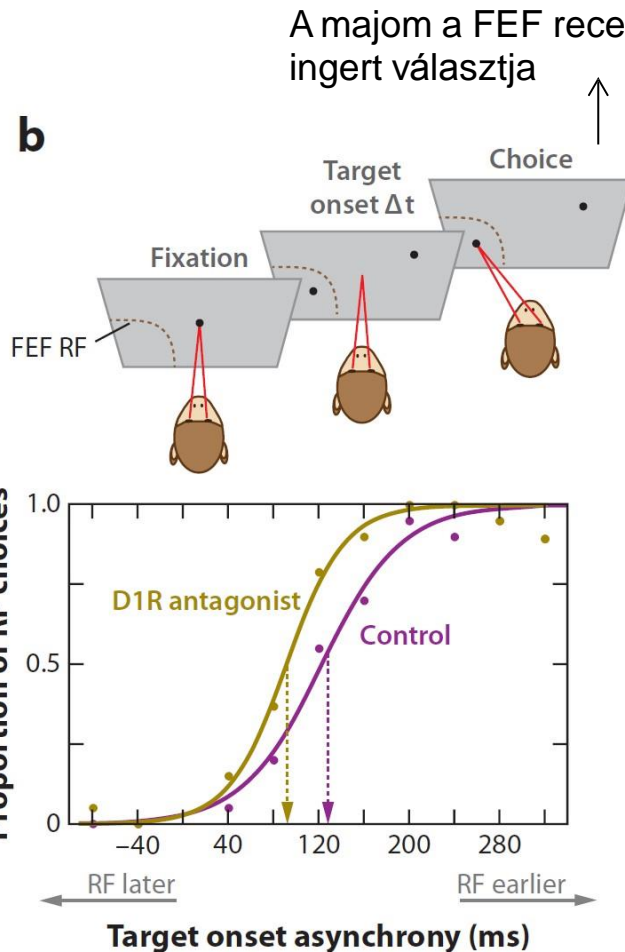
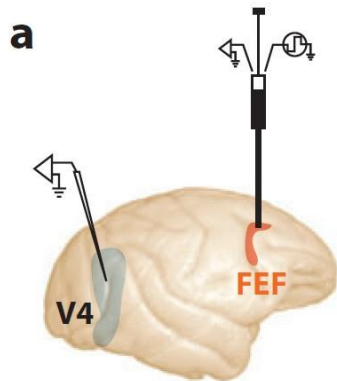
# A „frontal eye field” (FEF) szemmozgást nem előidéző stimulációja is fokozza a V4 neuronjainak aktivitását



„Preferred”: a V4 neuron preferált stimulusorientációja  
 Piros nyíl: a FEF stimulációja által kiváltott szemmozgásirány



# A dopamin kiemelt szerepe a FEF - szenzoros kéreg kölcsönhatásban



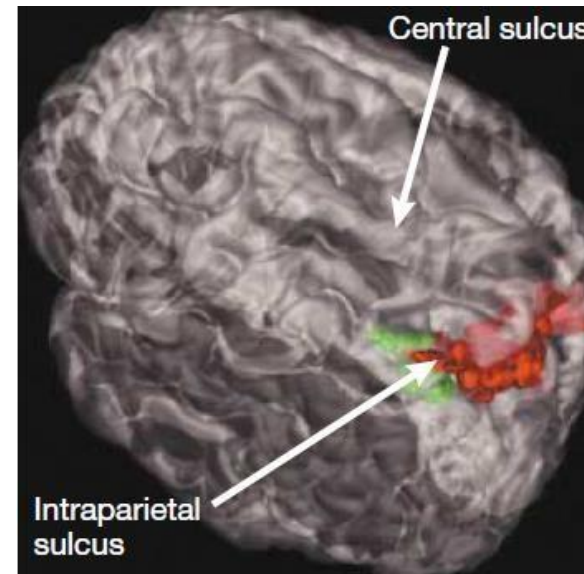
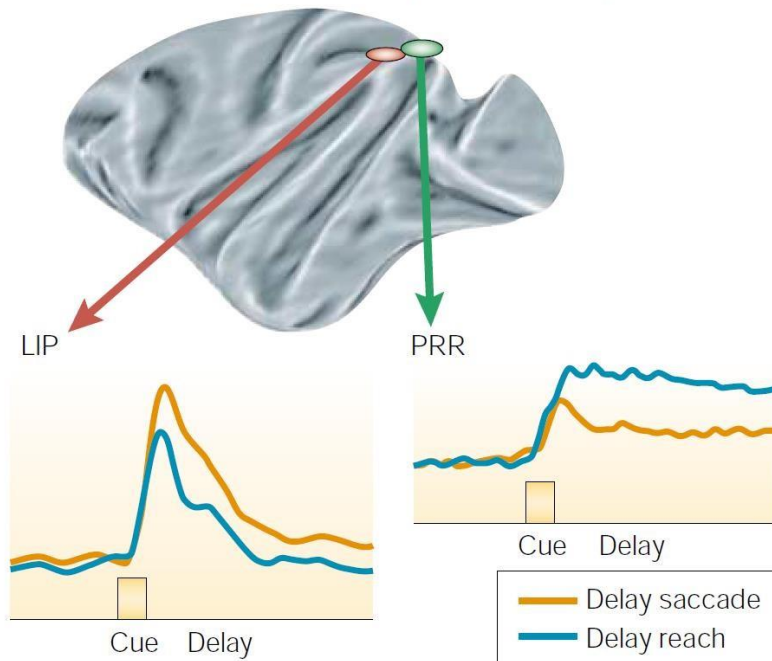
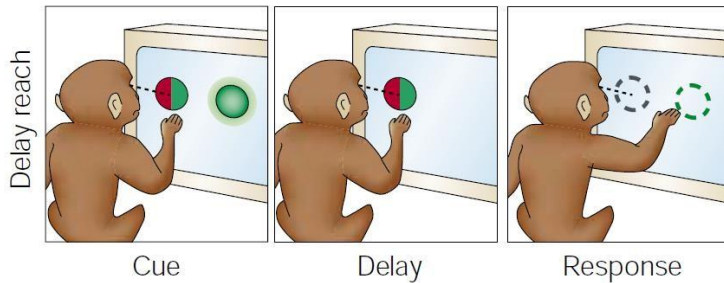
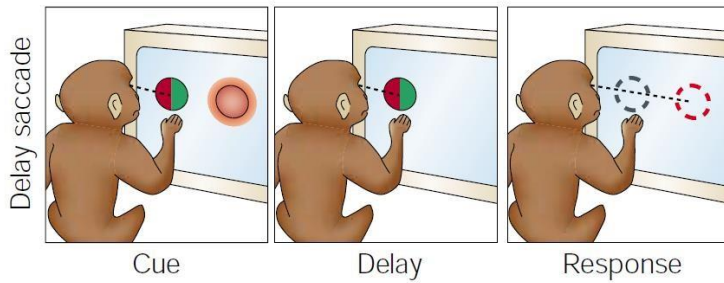
„After”: D1R stimuláció után

D1R – dopamin 1-es receptor; RF – receptív mező

## Az intraparietalis sulcus szerepe

LIP – lateralis intraparietalis (saccad)

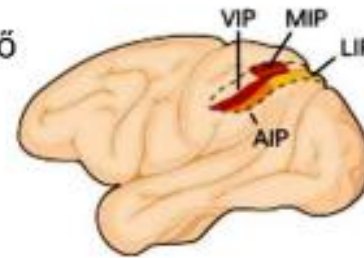
PRR – „parietal reach region” (kéz)



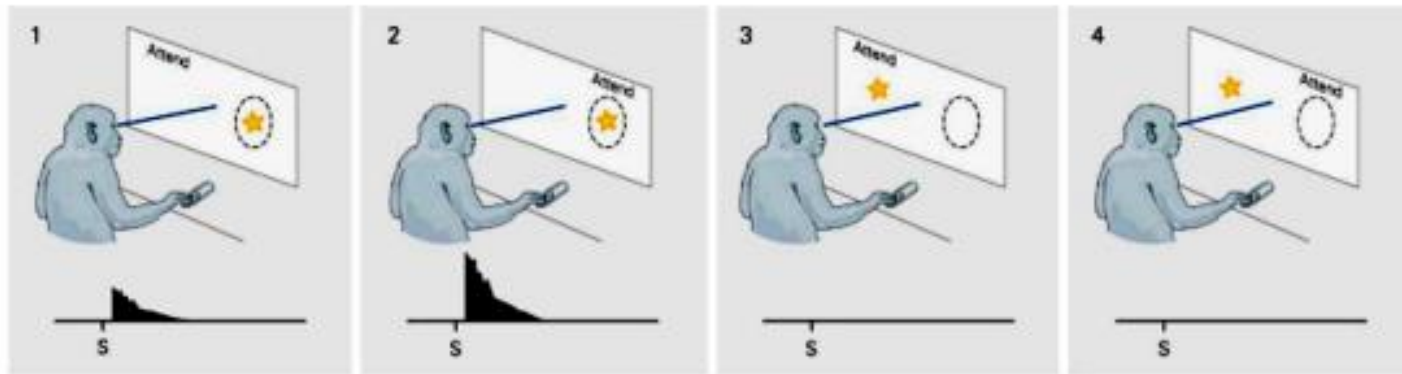
Piros: inger-válasz kapcsolat (jobb vs. bal kéz)

Zöld: ingerkiválasztás (szín vagy alak)

- **Lateralis (LIP):** a figyelem modulálja (kör: receptív mező)
- **Ventralis (VIP):** „fejközpontú” receptív mező (csak a fejtől jobbra lévő ingerre reagál, figyelemtől, tekintettől függetlenül)
- **Anterior (AIP):** retinaközpontú, tekintésre, megragadásra és tárgyra is szelektív



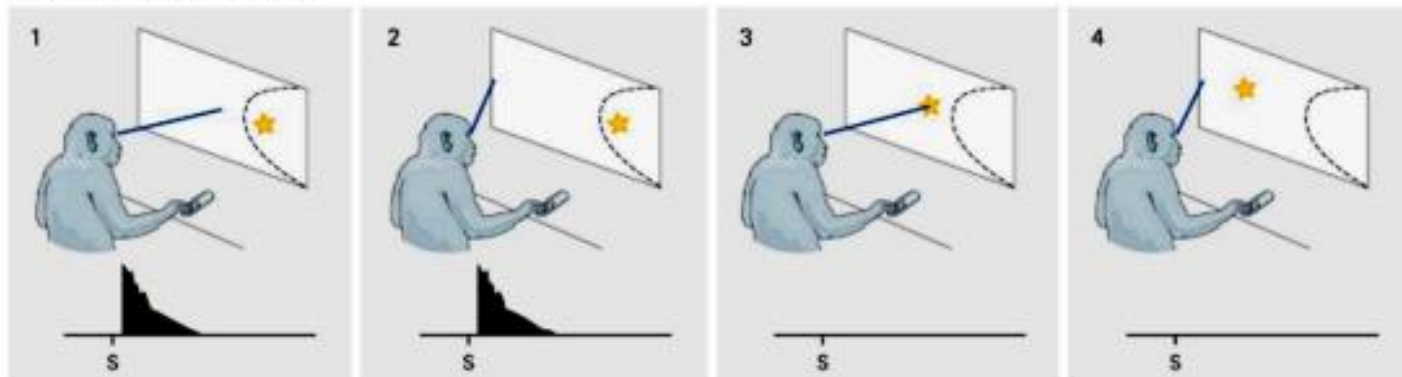
### A Lateral intraparietal area



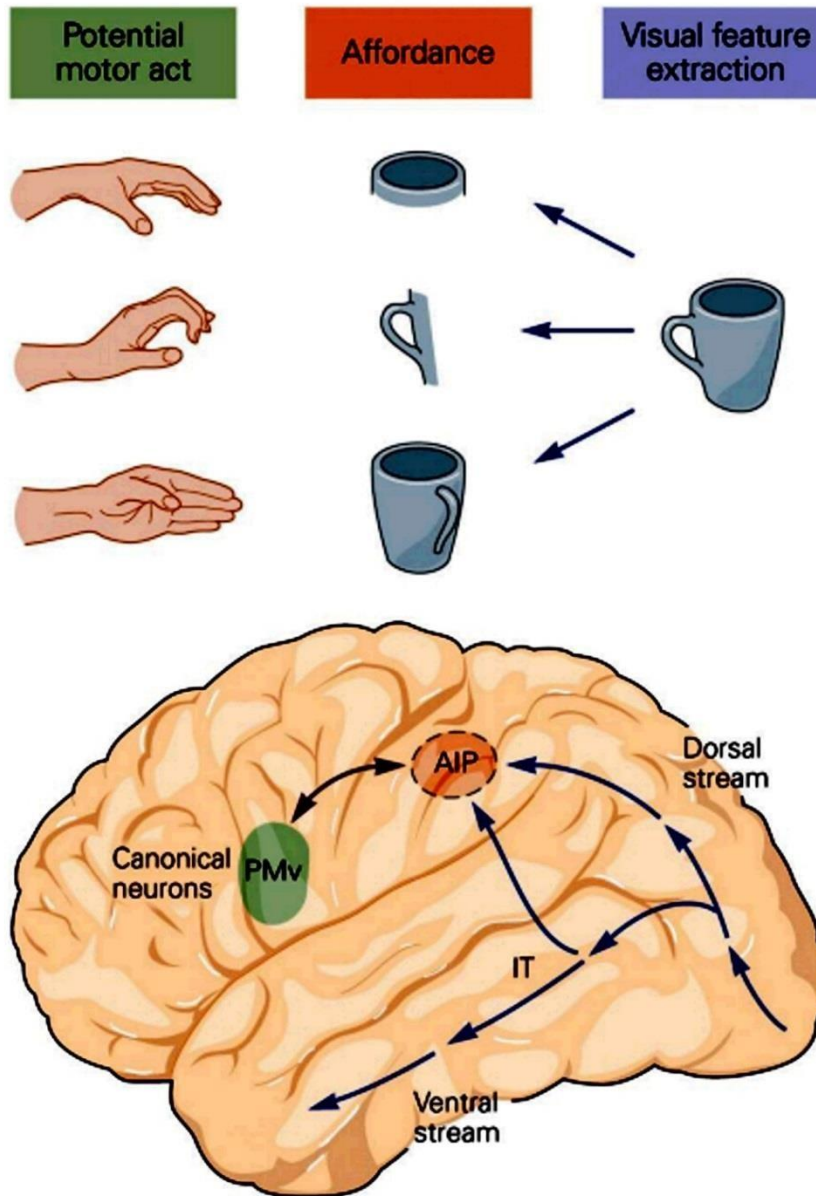
Receptive field characteristics

Retina-centered, attention sensitive

### B Ventral intraparietal area



Head-centered



**Anterior intraparietalis  
régió (AIP)  
praemotoros cortex (PM)**

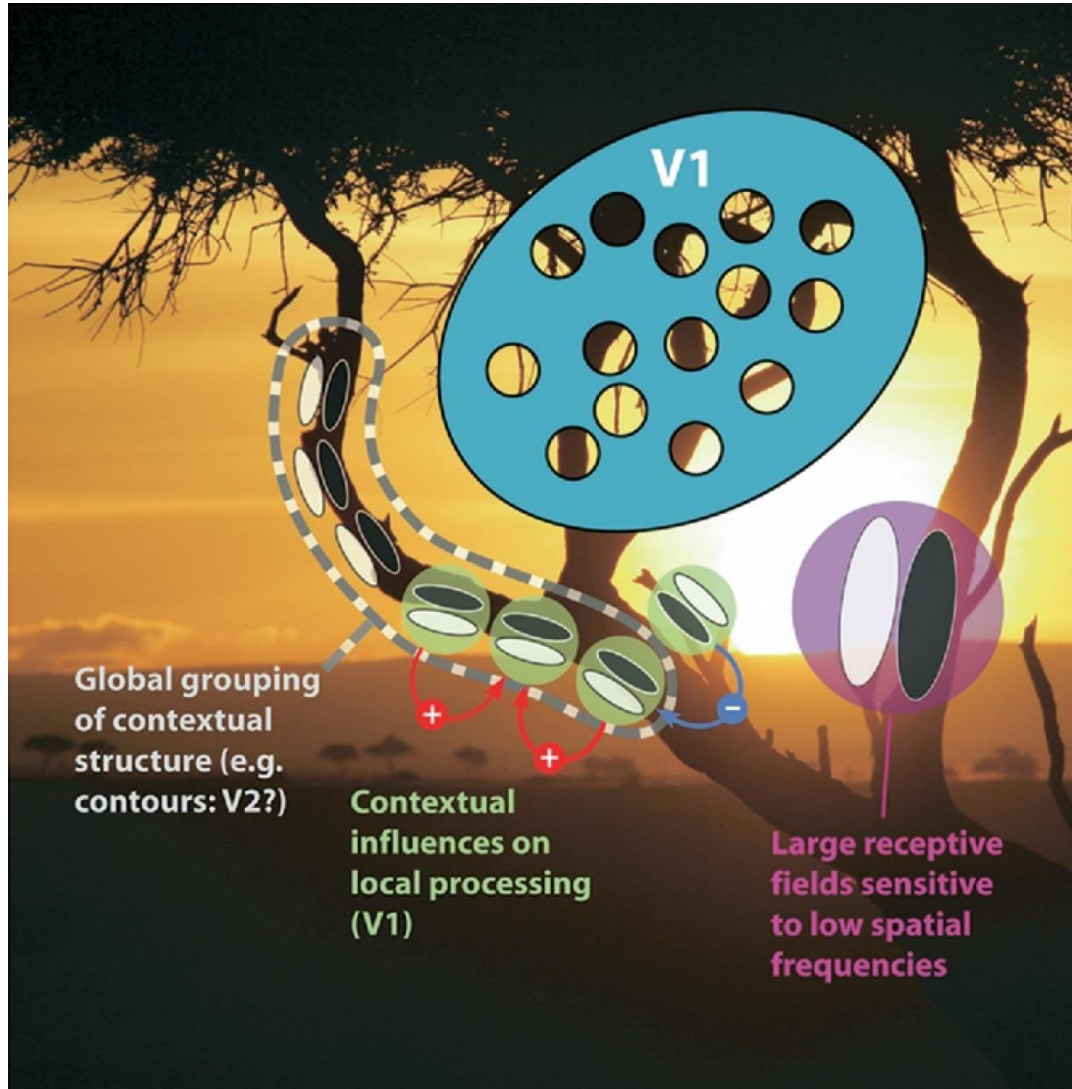
kölcsönhatása:  
különböző használati  
módokhoz  
kapcsolódó motoros  
mintázatok  
kiválasztása térbeli  
információ alapján

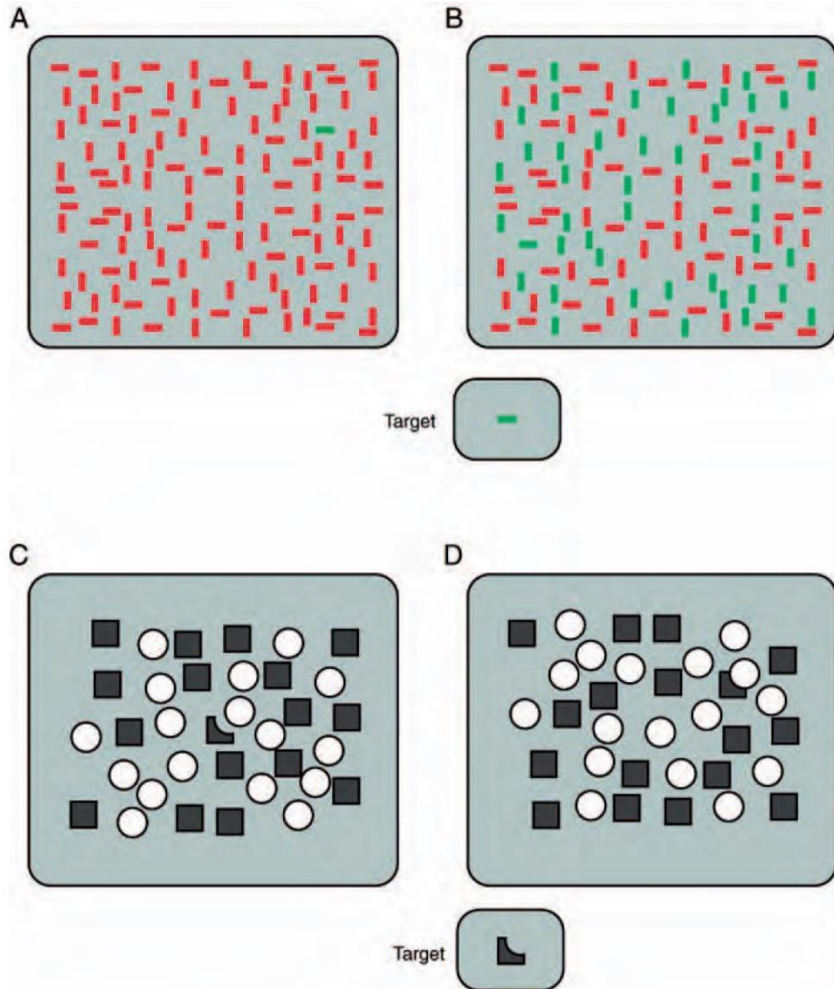
# Részösszefoglalás 3. A súlyozott versengési modell sejtszintű alapjai

- A receptív mezőbe került ingerek (preferált és nem preferált) „versengenek” a neuronális aktivitásért
- A FEF ingerlése és a dopamin „súlyozza” a versengést - figyelem
- Intraparietalis sulcus: alrégió szerint figyelmi orientáció, testhez (fejhez) viszonyított helyzet, használatfüggő motoros mintázatok (praemotoros kéreggel)

# **III. A figyelem és a korai perceptuális folyamatok: Gestalt, térbeli felbontás, korai szenzoros területek aktivációja**

# A spatialis figyelem befolyásolja az ingerfeldolgozás legkorábbi szintjét? Tradiccionálisan „preattentív” Gestalt csoportosítási faktorok és a receptív mezők





## Treisman vonásintegrációs elmélete

**Pop-out:** preattentív

Egyetlen vonás detekciója elég (szín)

Kontrollált keresés:

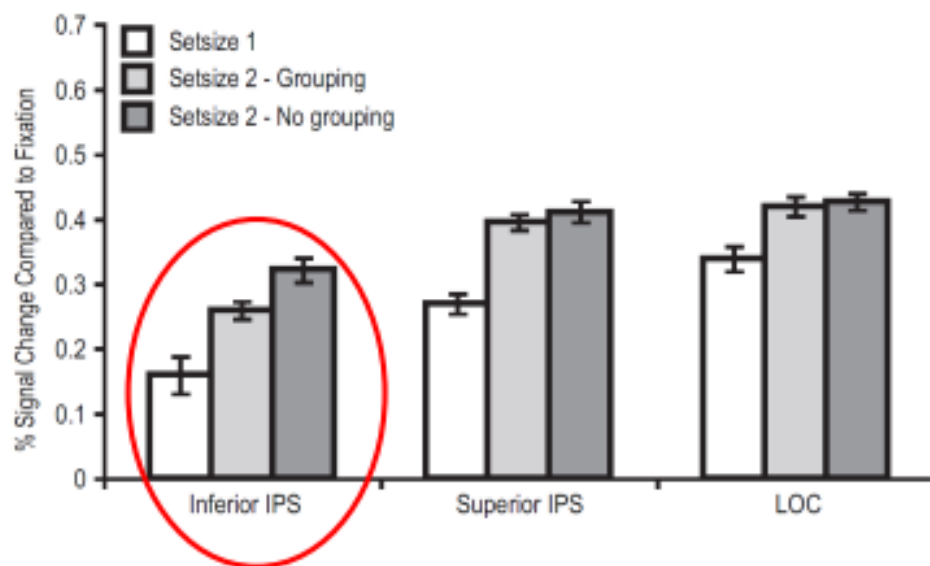
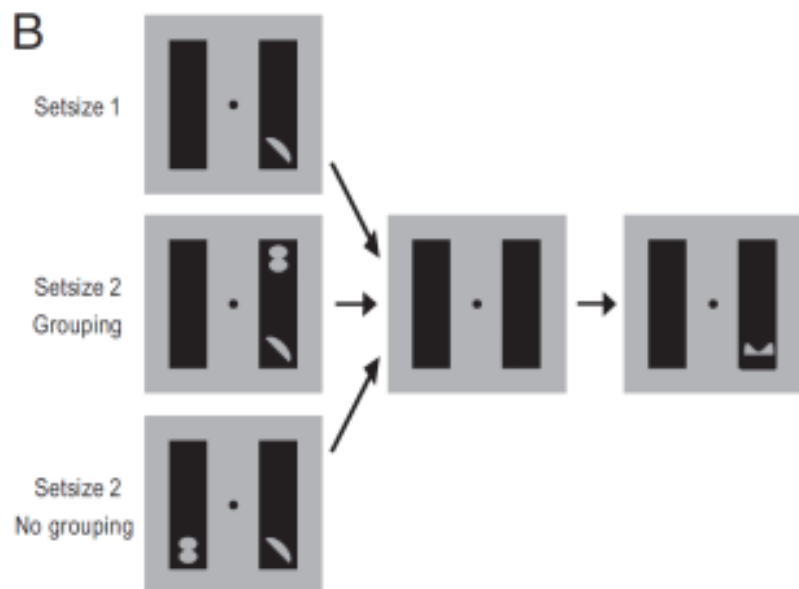
2 vonás kell (szín és orientáció) – „binding” - parietalis cortex

**Preattentív „object file”**

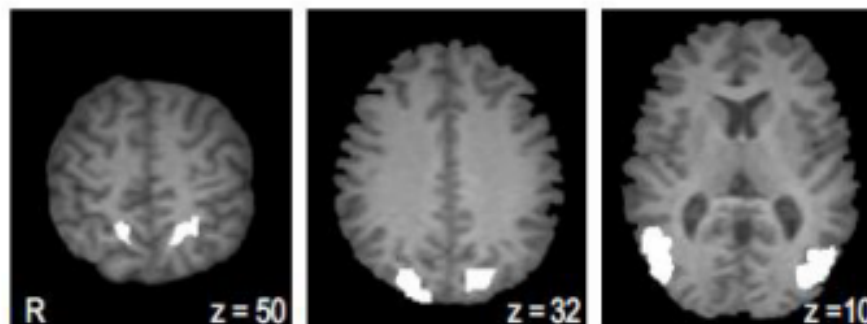
Az elemek a vizuális keresés figyelmi aktivációja előtt már „tárgyakká” szerveződnek



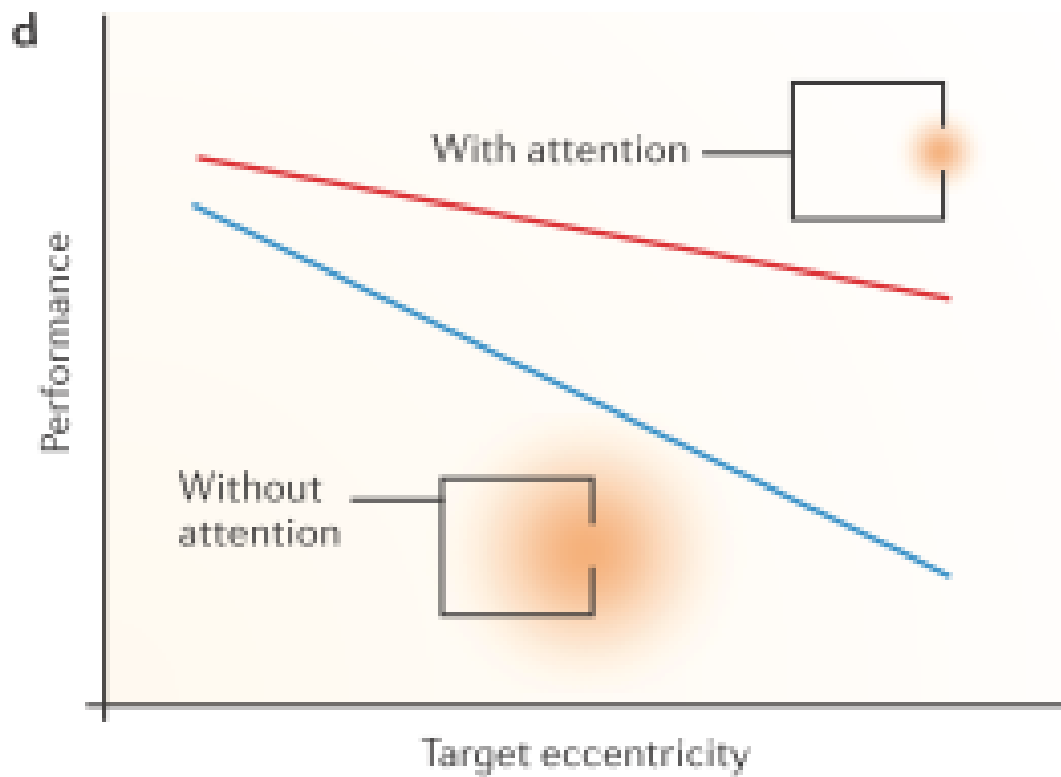
# Az intraparietalis sulcus csökkent válasza „object file”-ok (grouping) esetében



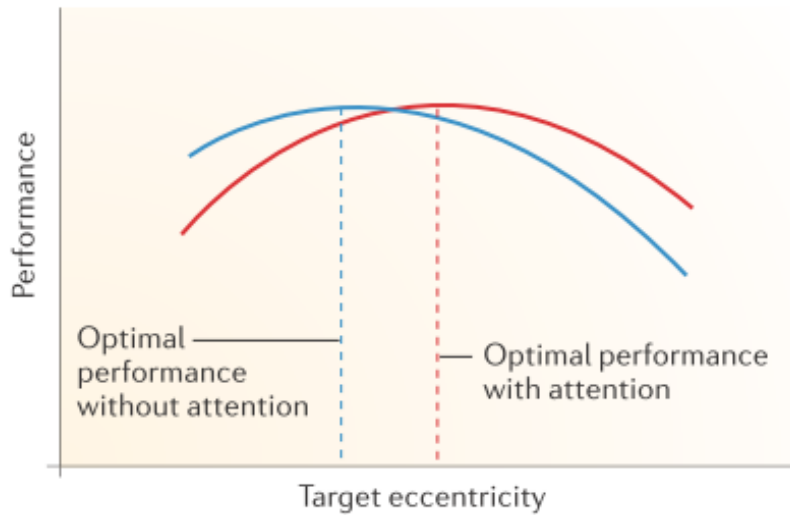
IPS – intraparietalis sulcus  
 LOC – lateralis occipitalis cortex



# A figyelem teljesítményfokozó hatása és a téri felbontás eltérései

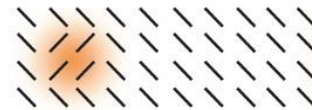


# A textúraszegmentáció, a vizuális filterek és a figyelem kapcsolata



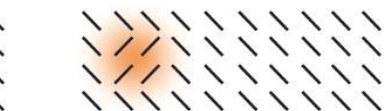
Az exogén figyelem növeli a téri felbontást, míg az endogén figyelem rugalmasan állítja be

**Without attention**



Optimal filter size

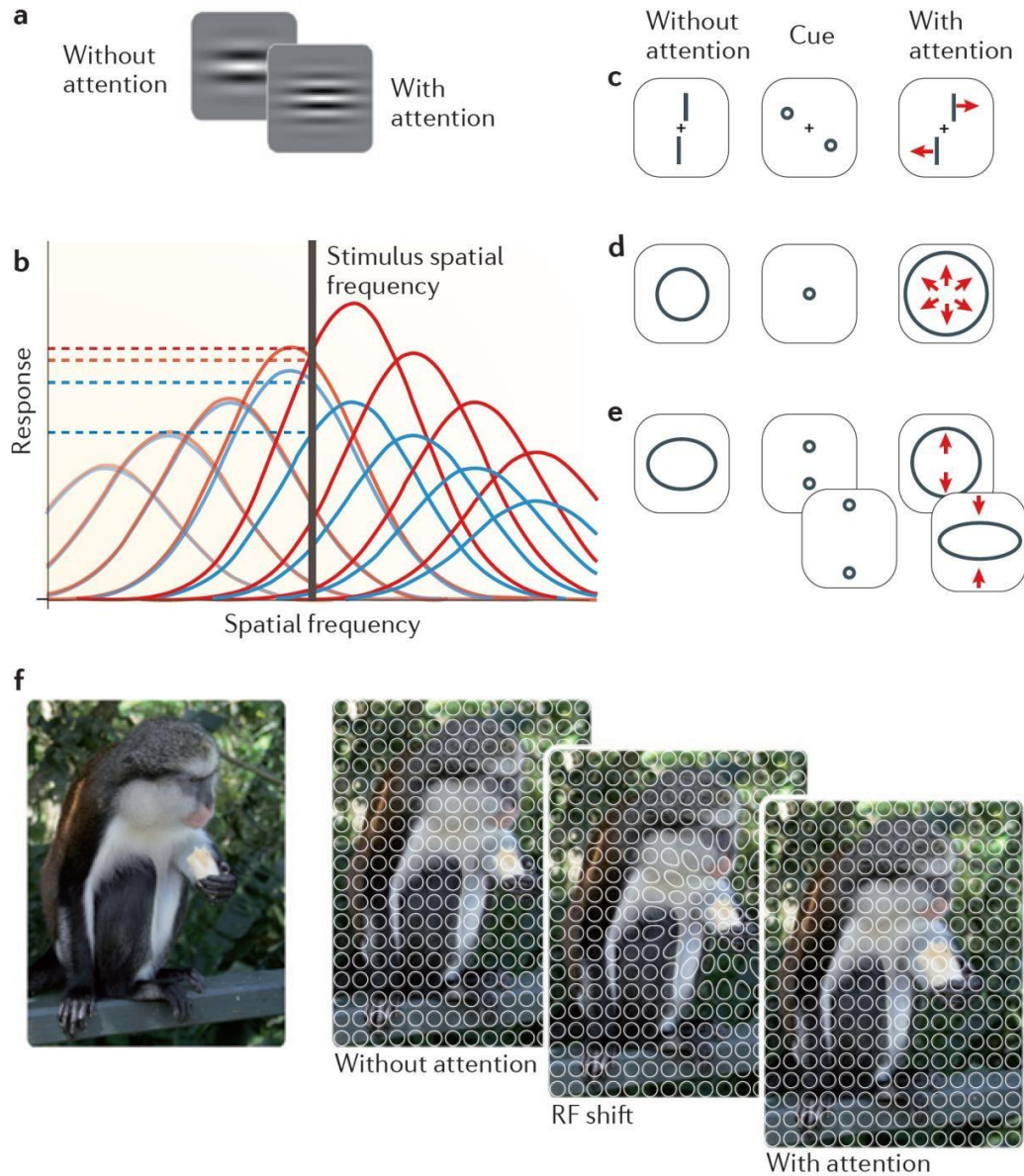
**With attention**



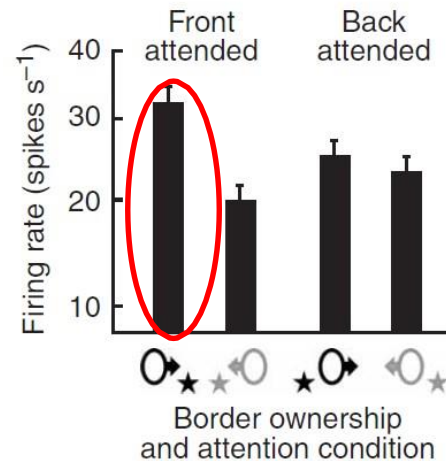
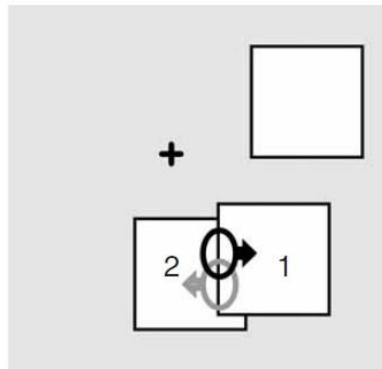
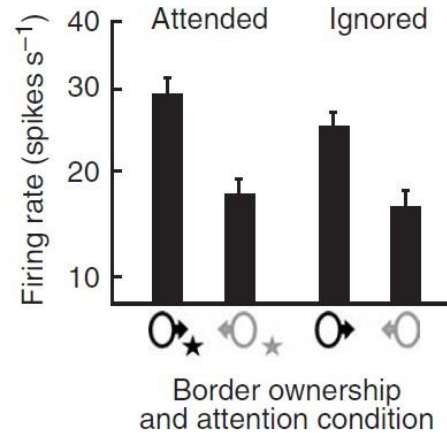
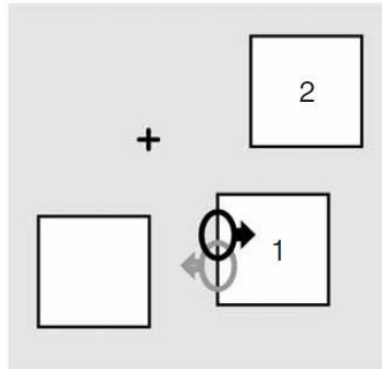
Optimal filter size

Target eccentricity →

# A figyelem modulálja a téri felbontást, a receptív mezők helyét és méretét

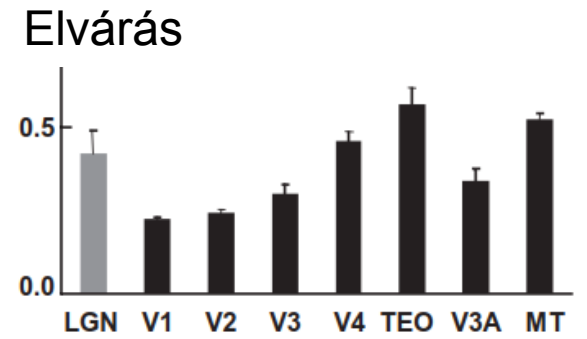
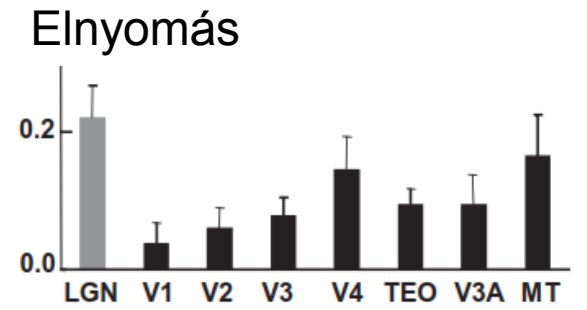
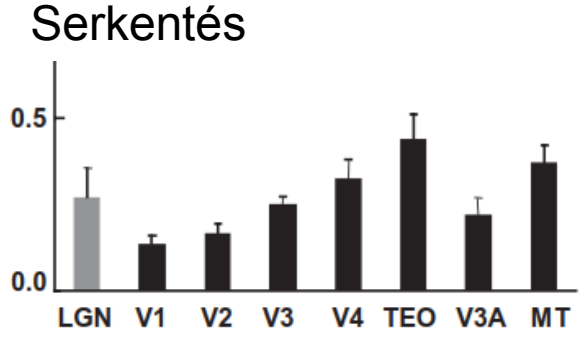
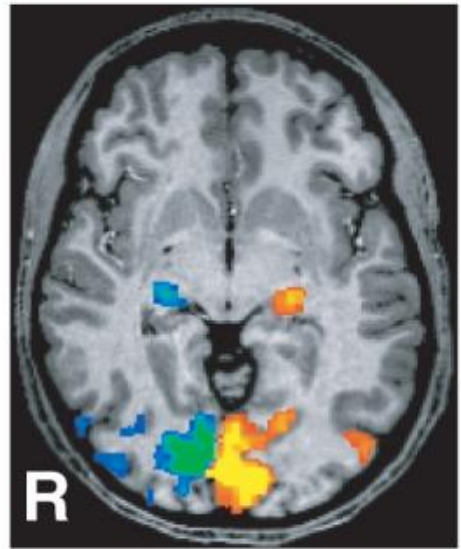
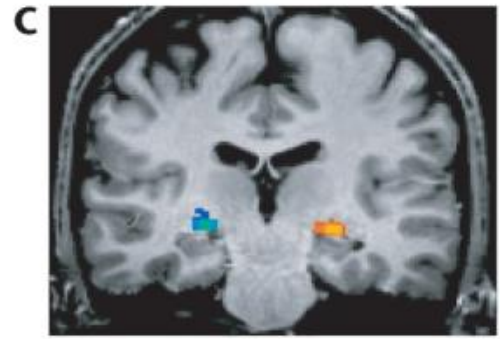
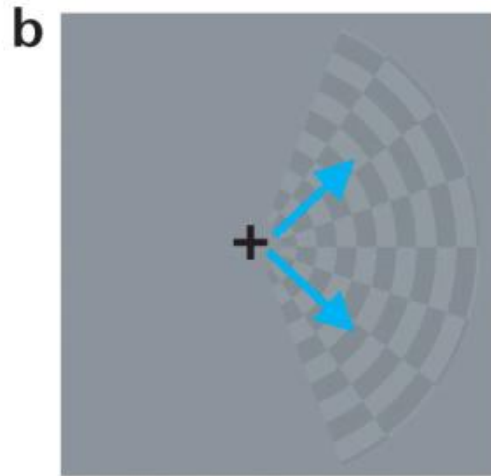
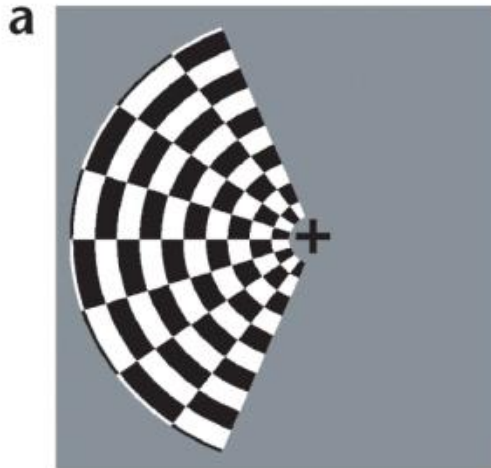


# V1/V2 neuronok kódolják a tárgyak határát (szegmentáció), ha a figyelem az adott tárgyra irányul („object-based attention”)



**Bal oldali határt kódoló neuron** **Jobb oldali határt kódoló neuron**

# Milyen korai feldolgozási szakaszban lehet kimutatni figyelmi modulációt?



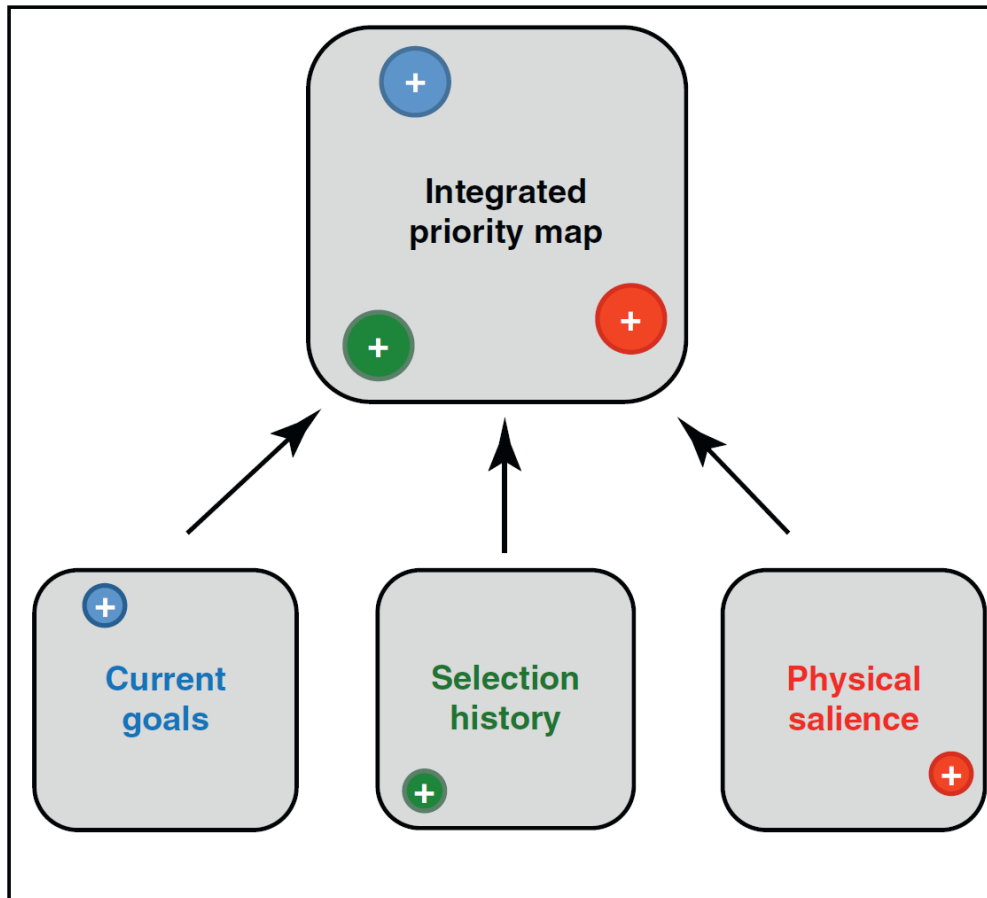
# Részösszefoglalás 4. Figyelem és korai szenzoros feldolgozás

- „Preattentív” funkciók: pop-out, „object file”
- A figyelem modulálja a korai feldolgozást: a filterek felbontása (<100 ms)
- Tárgyak határának detekciója (V1/V2)
- Feedback kapcsolatok jelentősége (thalamus is mutat figyelmi modulációt)

# **IV. Figyelem és emlékezet**



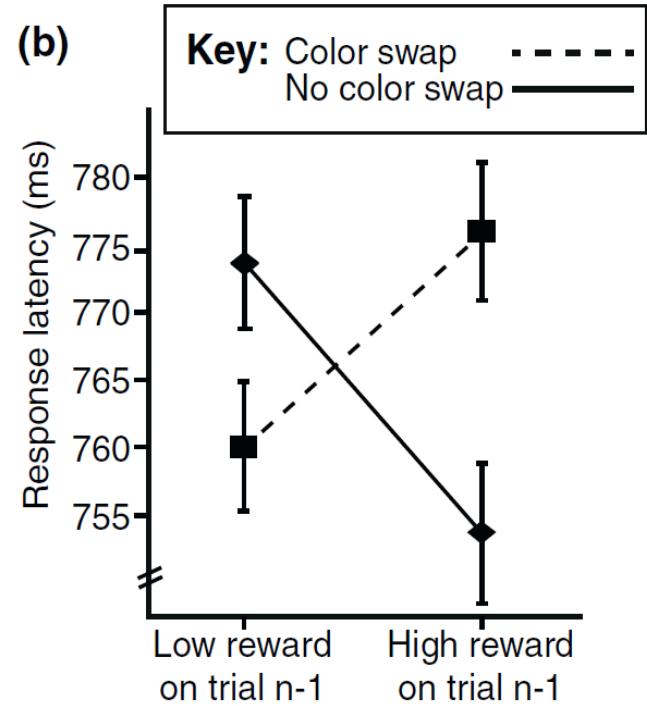
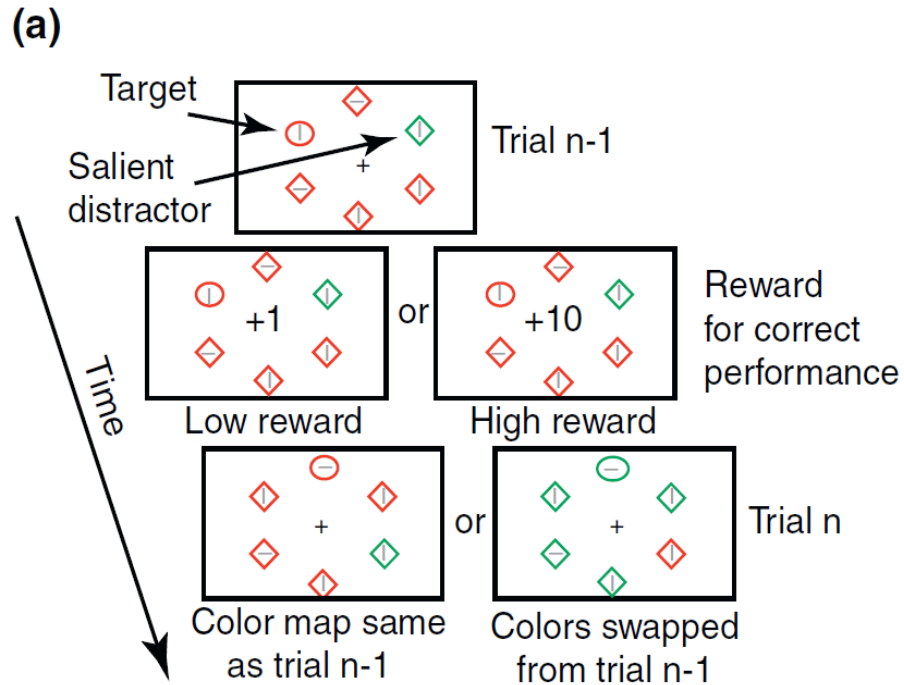
# A „FEF – szenzoros kéreg” (top-down) modellek limitációja: Az emlékezet és a megerősítés szerepe



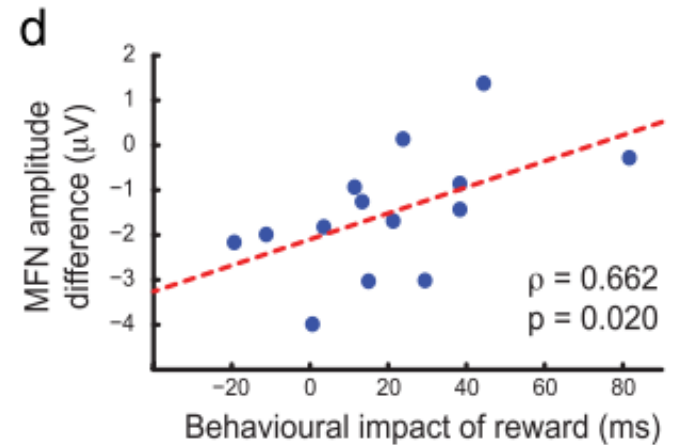
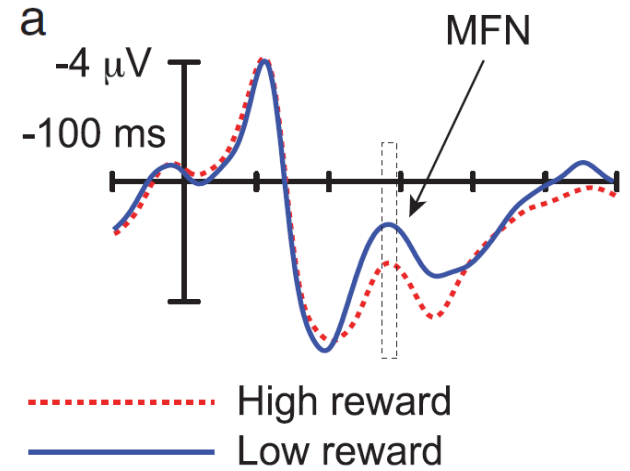
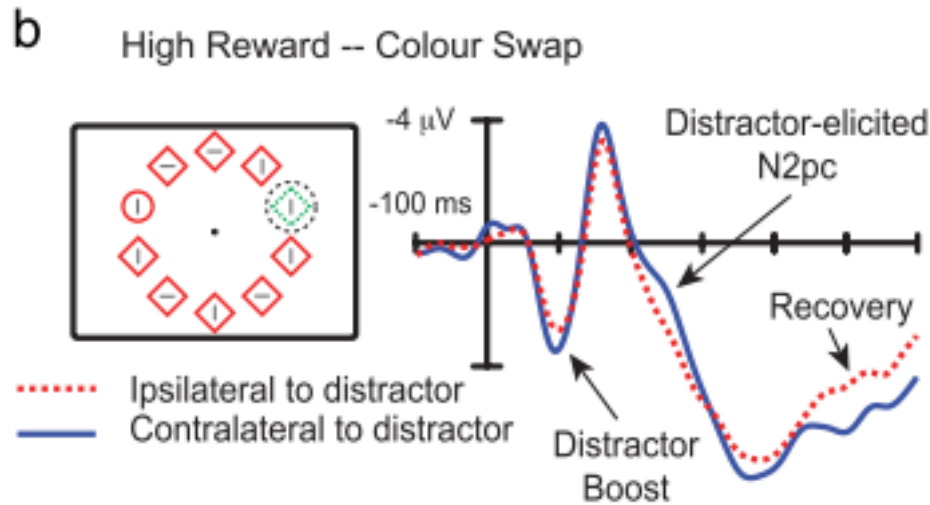
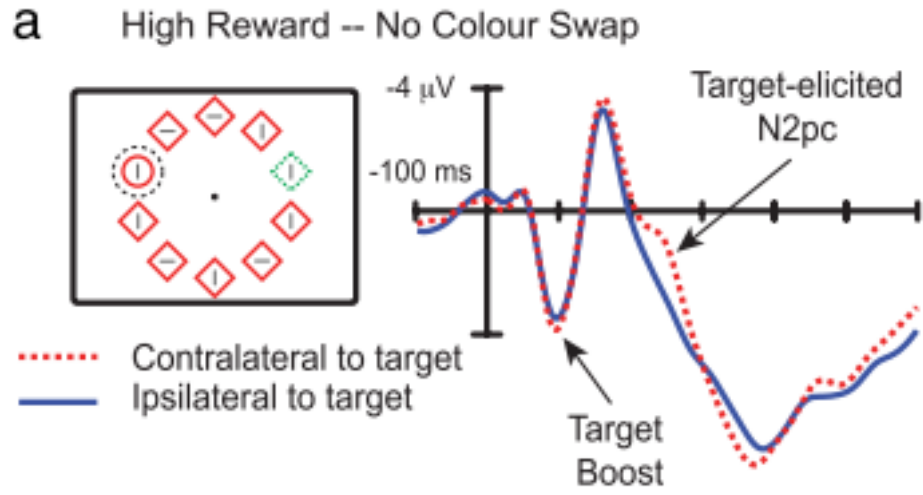
A figyelmi szelekciónál  
használt

**integrált prioritási térkép**  
forrásai:

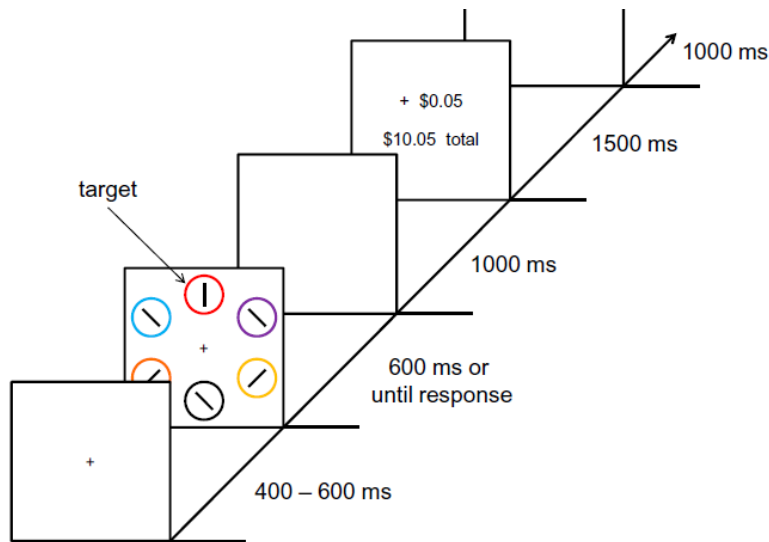
1. Jelen célok (top-down)
2. Az ingerek fizikai jelentősége (bottom-up)
3. ***Az előző szelekciók emléknyma***



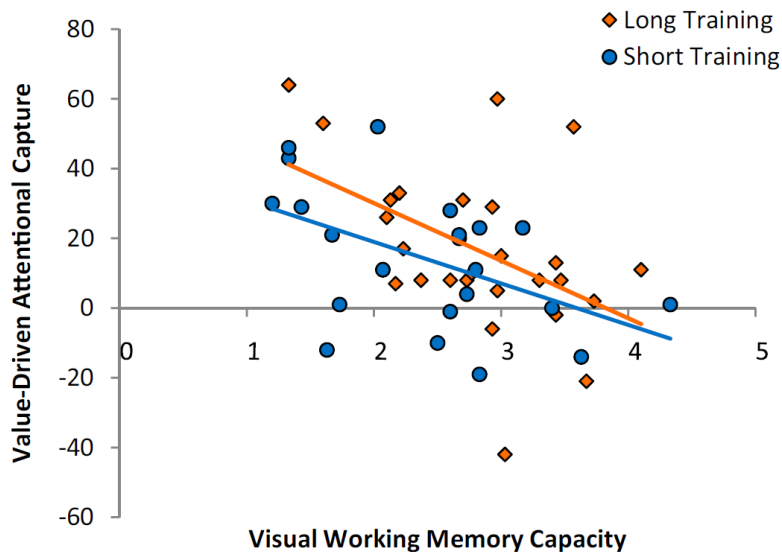
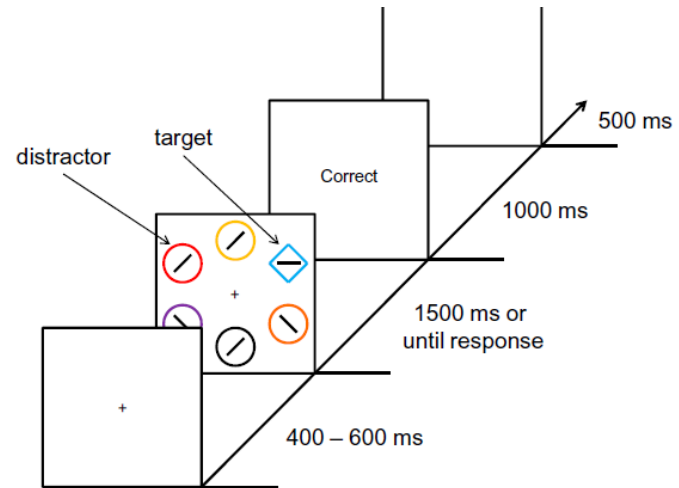
**MFN** – medial frontal negativity  
(anterior cingulum)



## Pénzjutalommal megerősített célingerdetekció (vonal orientációja a piros körben)



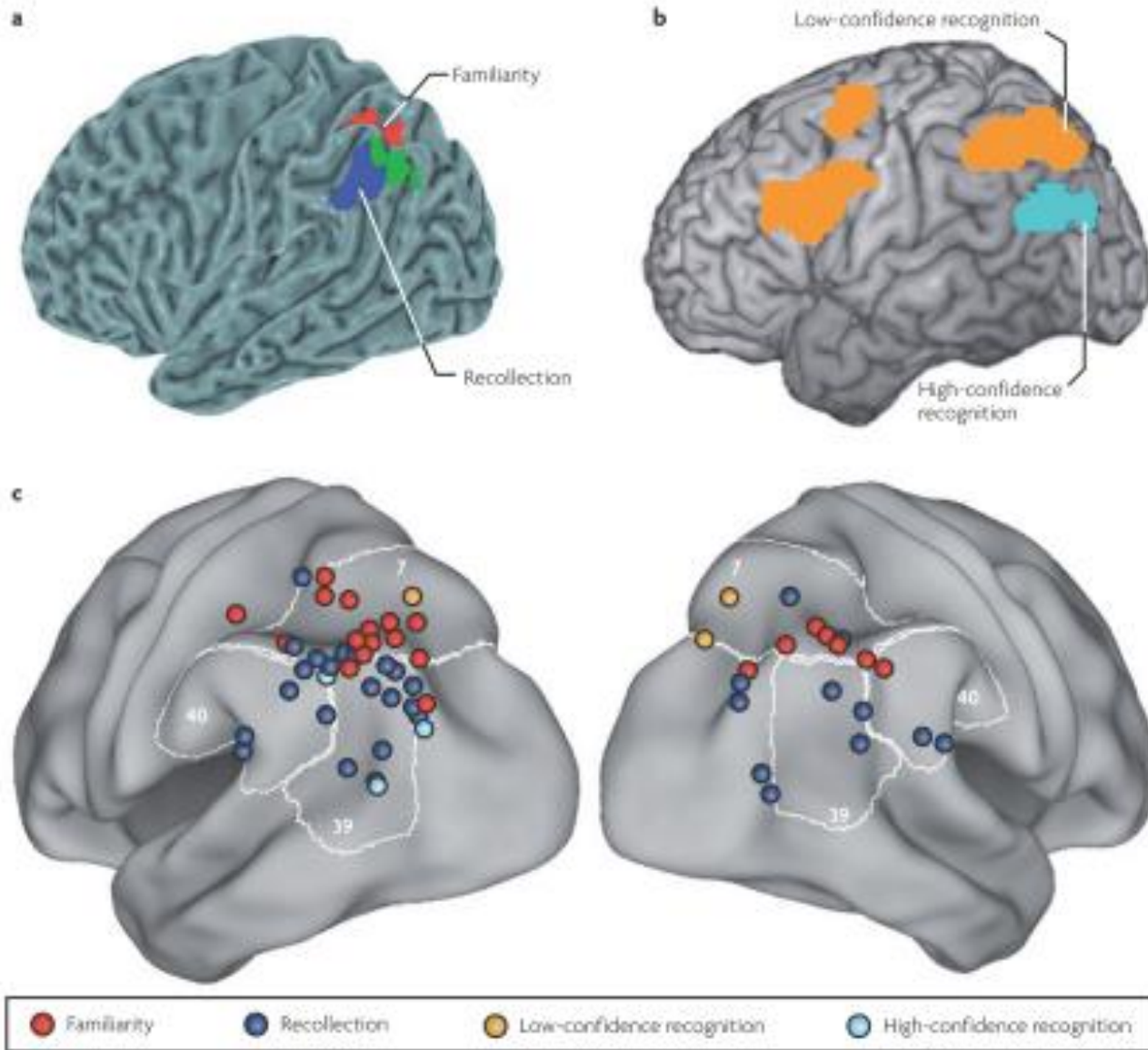
## Egyszerű vonásdetekciós feladat (fizikailag kiugró célinger) ellenére lassú reagálás, ha az előző jutalmazott inger jelen van



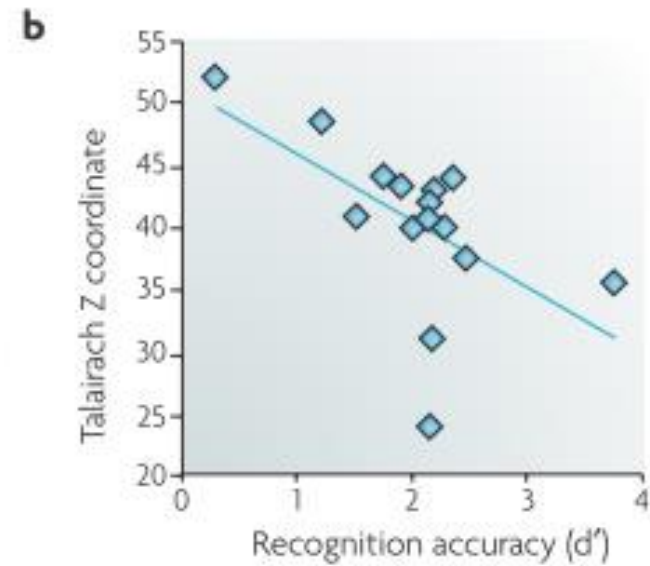
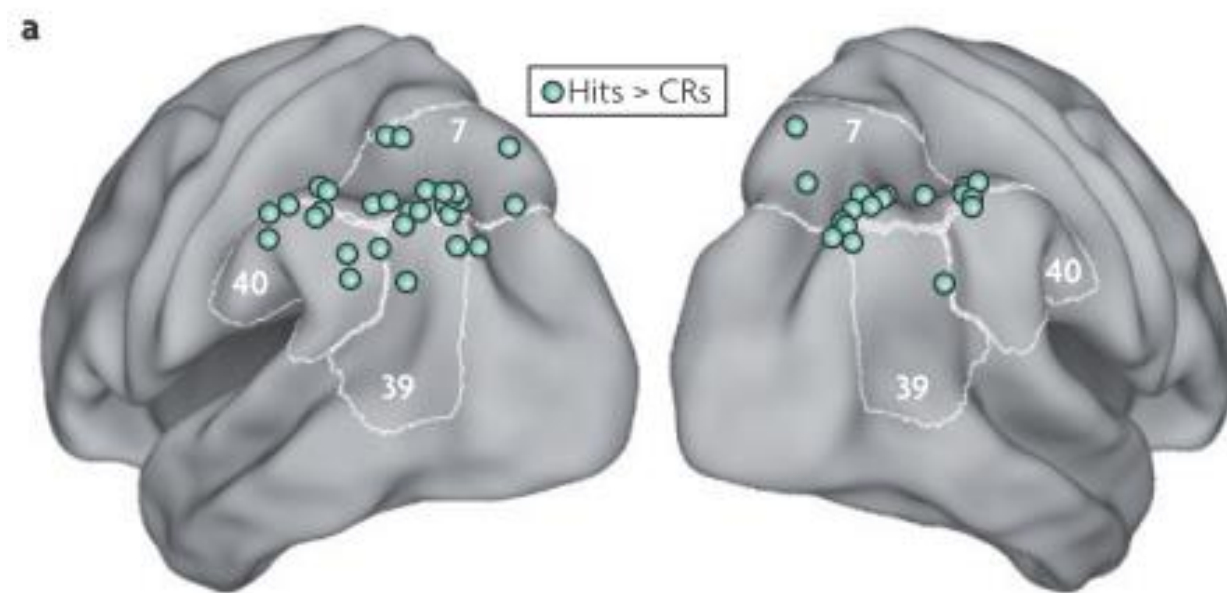
## A vizuális munkamemória (executive figyelem) kompenzáló hatása

A vonás impulzivitás hatása ettől független és ellentétes irányú

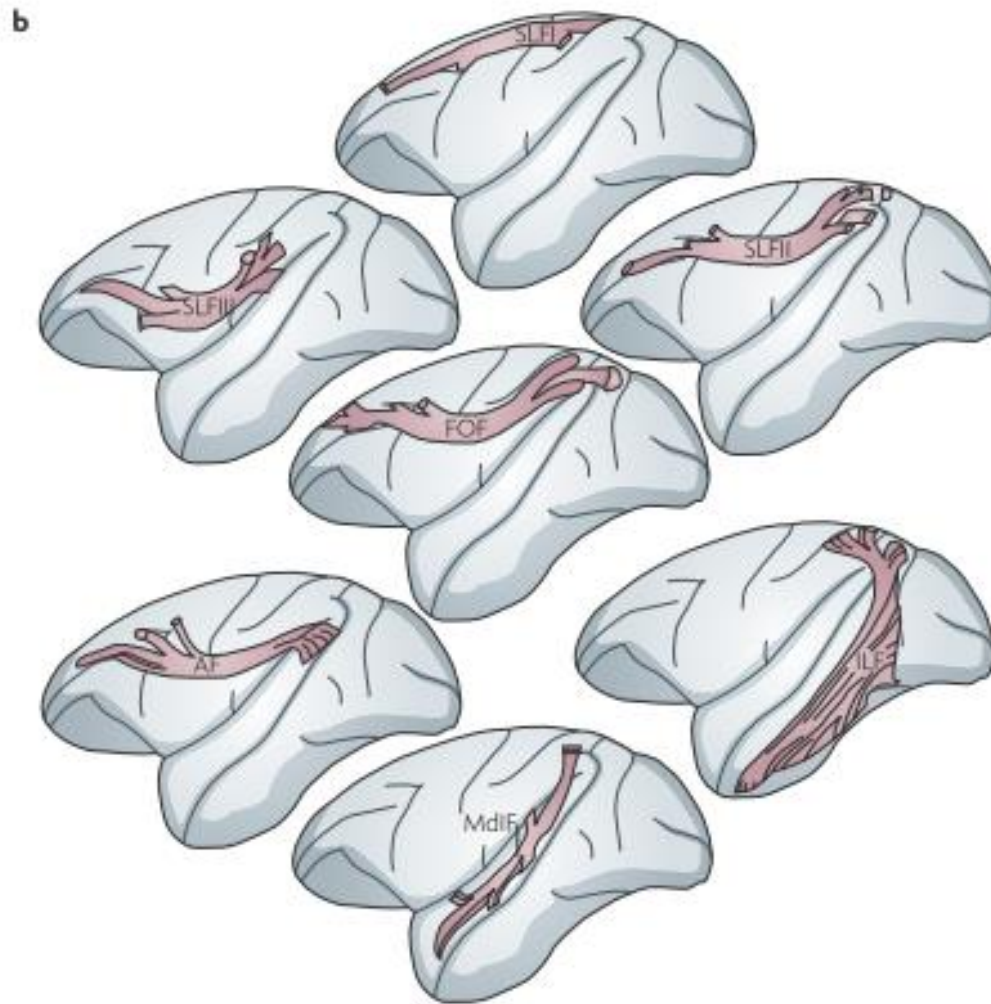
# Figyelem az emlékezeti működésben



# Top-down és bottom-up figyelem interakciója: finom átmenet

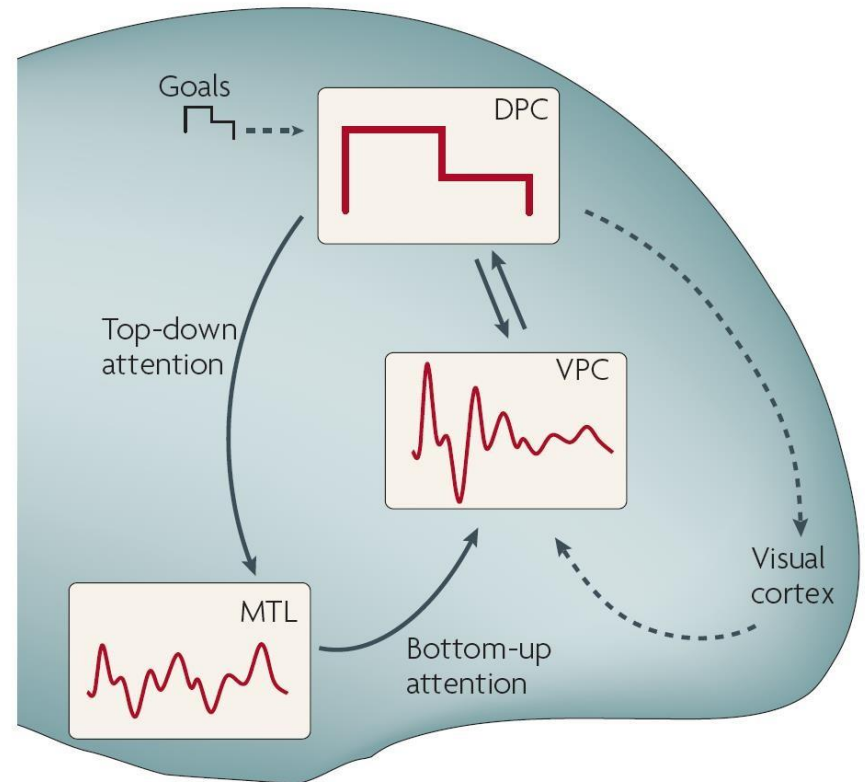
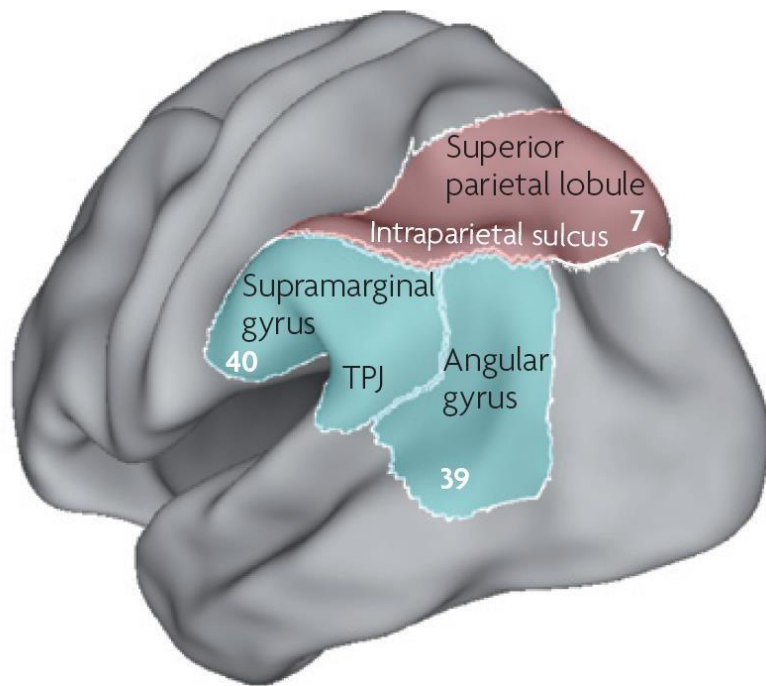


# A posterior parietális kéreg közvetlen anatómiai kapcsolatai



**SLF I, II, III:** superior longitudinal fasciculi **FOF:** fronto-occipital fasciculus  
**AF:** arcuate fasciculus **MdIF:** middle longitudinal fasciculus **ILF:** inferior longitudinal fasciculus

# A hippocampus-függő emlékezet figyelmi modulációja



**DPC** = dorsalis parietalis cortex – tónusos top-down kontroll (célok)

**VPC** = ventralis parietalis cortex és **MTL** = medial temporal lobe (hippocampus) – fluktuáló aktivitás a szenzoros info és a memórianyomok függvényében



# Részösszefoglalás 5. Tanulás és figyelem

- A kontingenciák (jutalmazás) története befolyásolja a figyelmi szelekciót: a korábbi jutalmazott ingerek a kiugró ingerek detekcióját is lassítják
- A munkamemória kompenzálja a „jutalom-alapú figyelemelterelést”, az impulzivitás hatása ellentétes
- A hosszútávú memória figyelmi kontrollja és a hosszútávú memórianyomok hatása a figyelmi szelekcióra
- Idegrendszeri alapok: hálózatszintű kölcsönhatások (PFC [ant. cingulum] – parietalis lebeny – *striatum* – *hippocampus*)