

Figyelem

**Kéri Szabolcs
Polner Bertalan**

Kognitív Idegtudomány Kurzus,
BME, 2019

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?

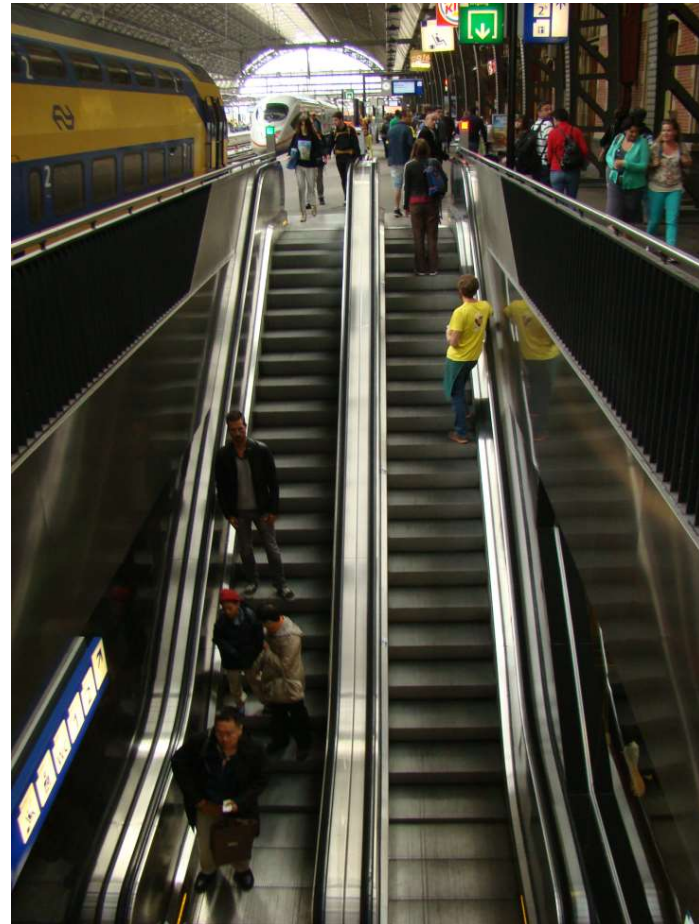
- a) Nyílt („overt”): szem, fej, test irányba fordul
- b) Rejtett („covert”): csak a figyelem „mozdul”

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”)



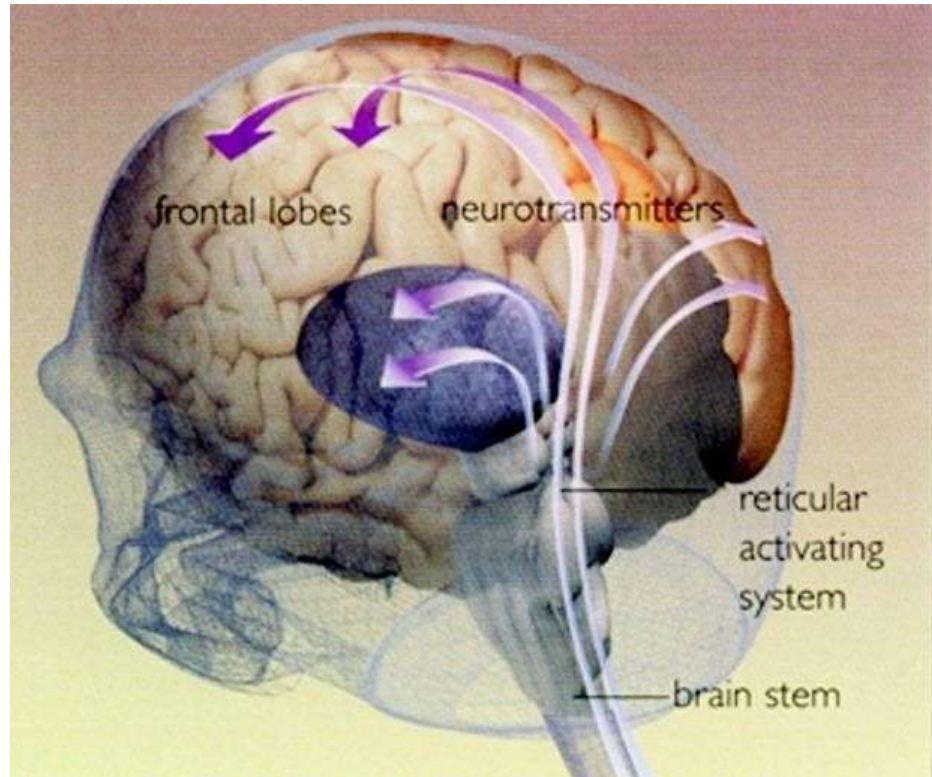
A figyelem idegrendszeri szempontból sem egységes jelenség!

I. A figyelem Posner-féle háromkomponensű modellje

A figyelem Posner-féle háromkomponensű modellje

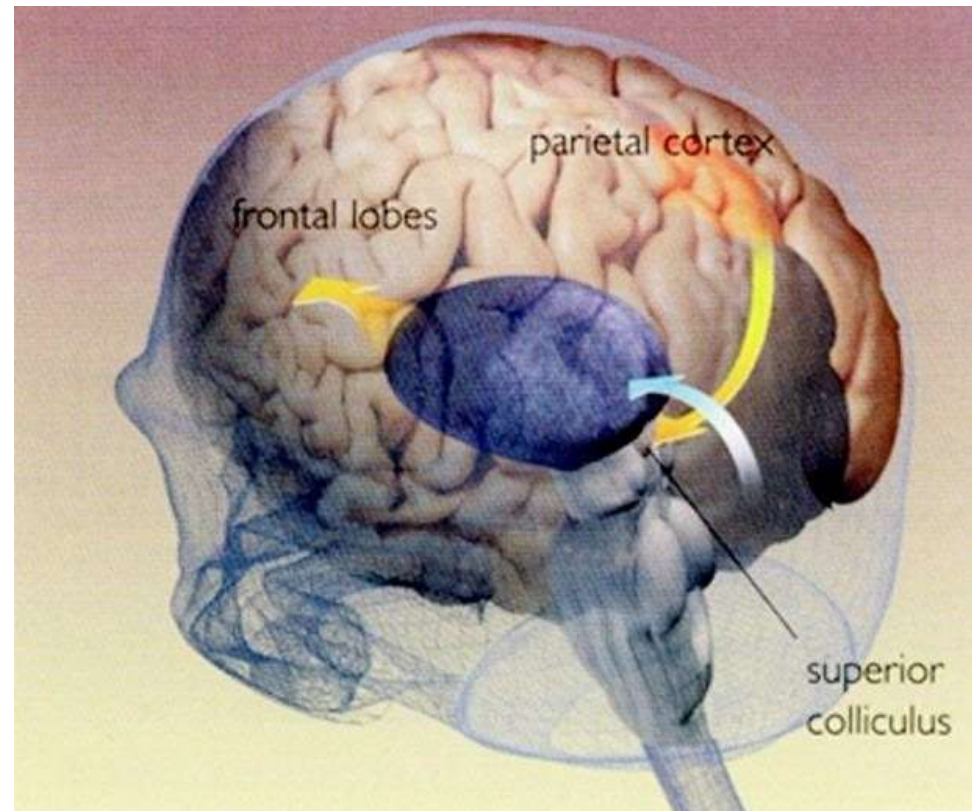
1. Fenntartott figyelem

- 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)



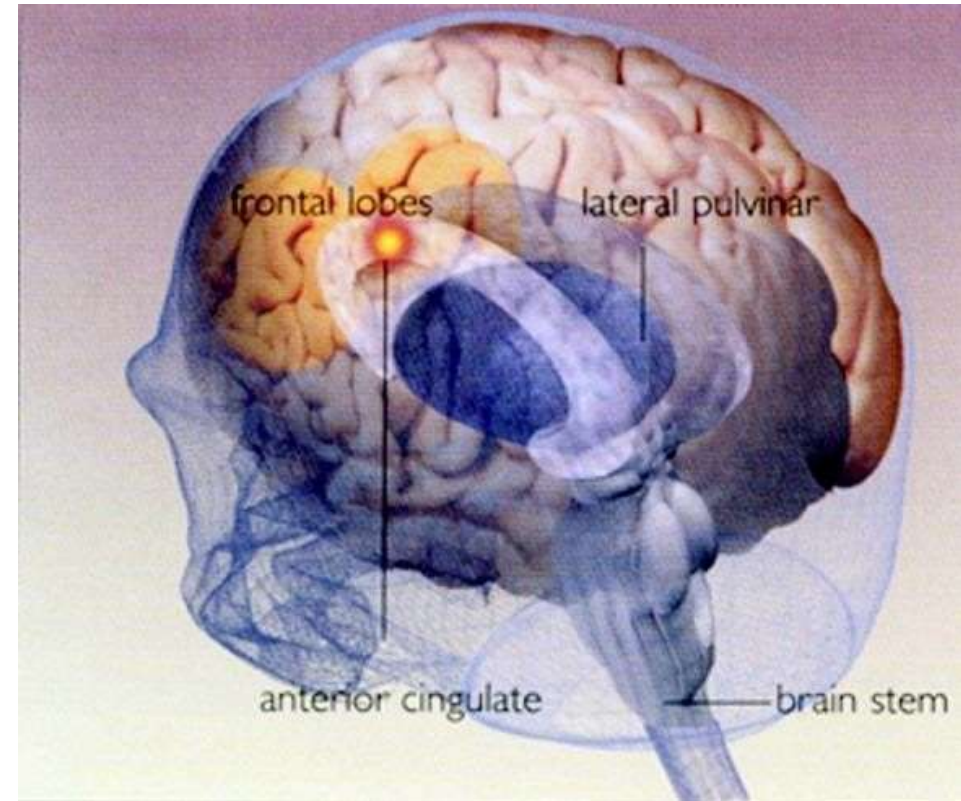
2. Orientációs figyelem

- 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)

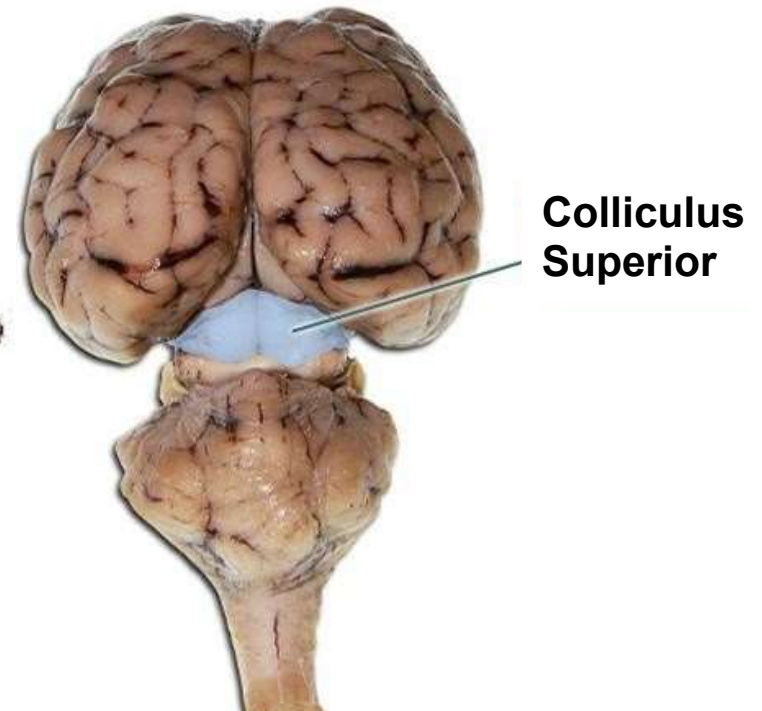
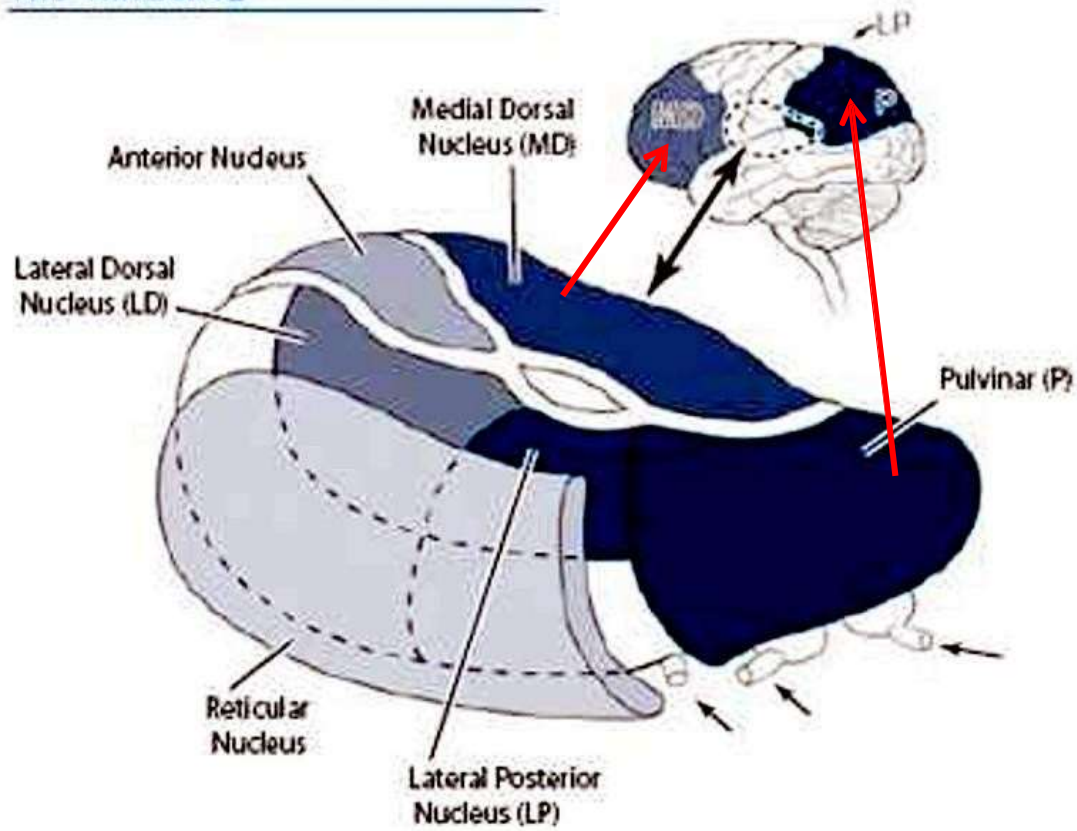


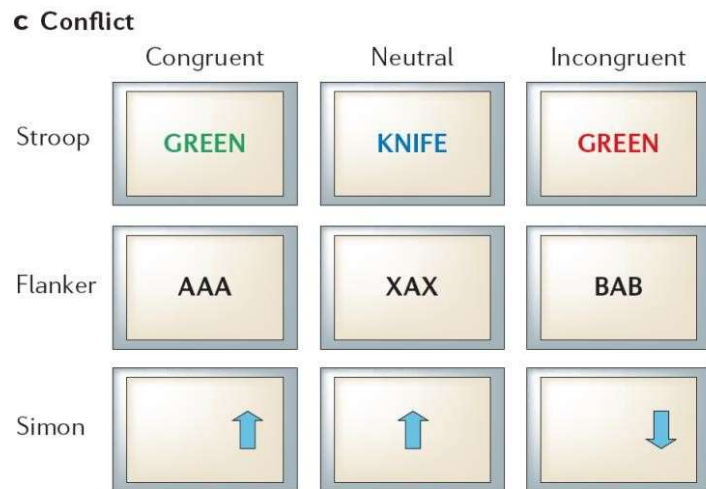
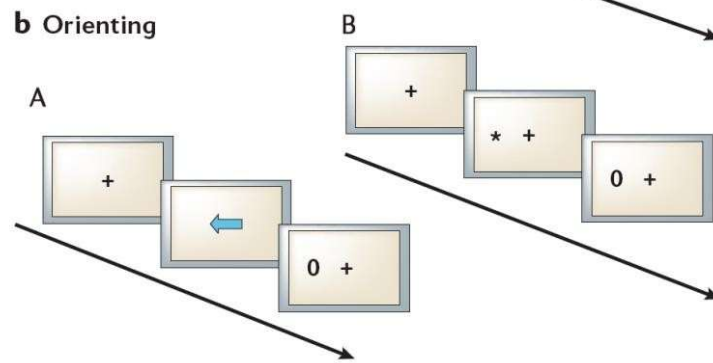
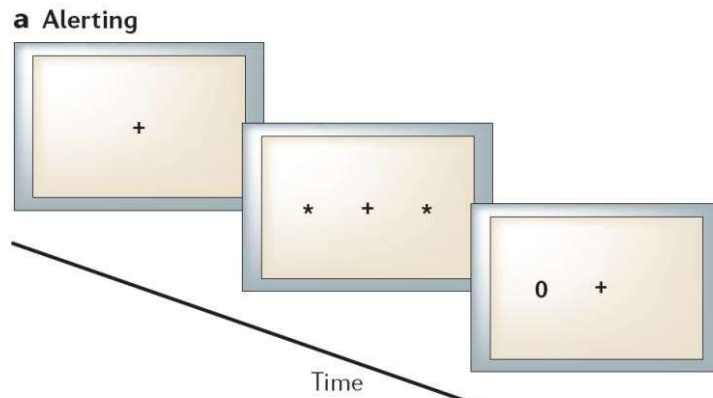
3. Executiv figyelem

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

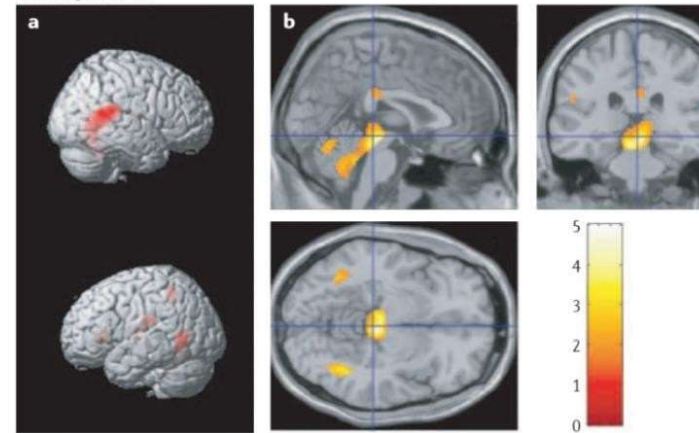


THE THALAMUS

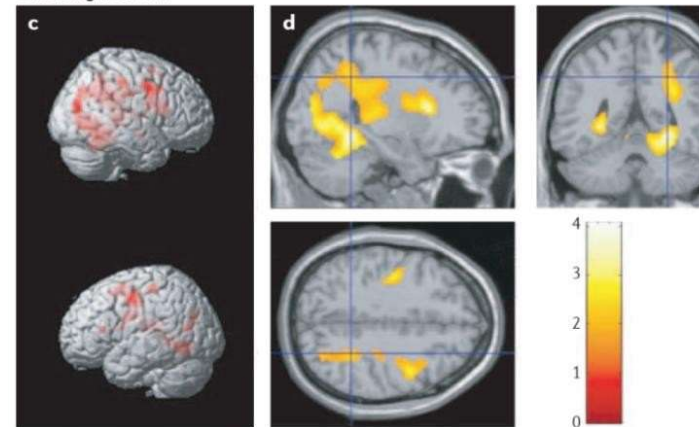




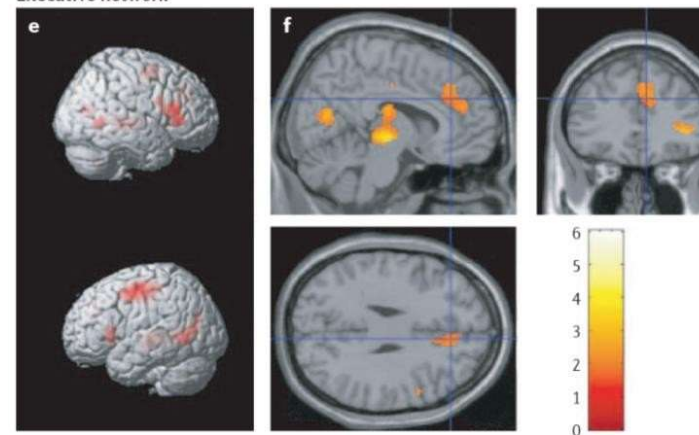
Alerting network



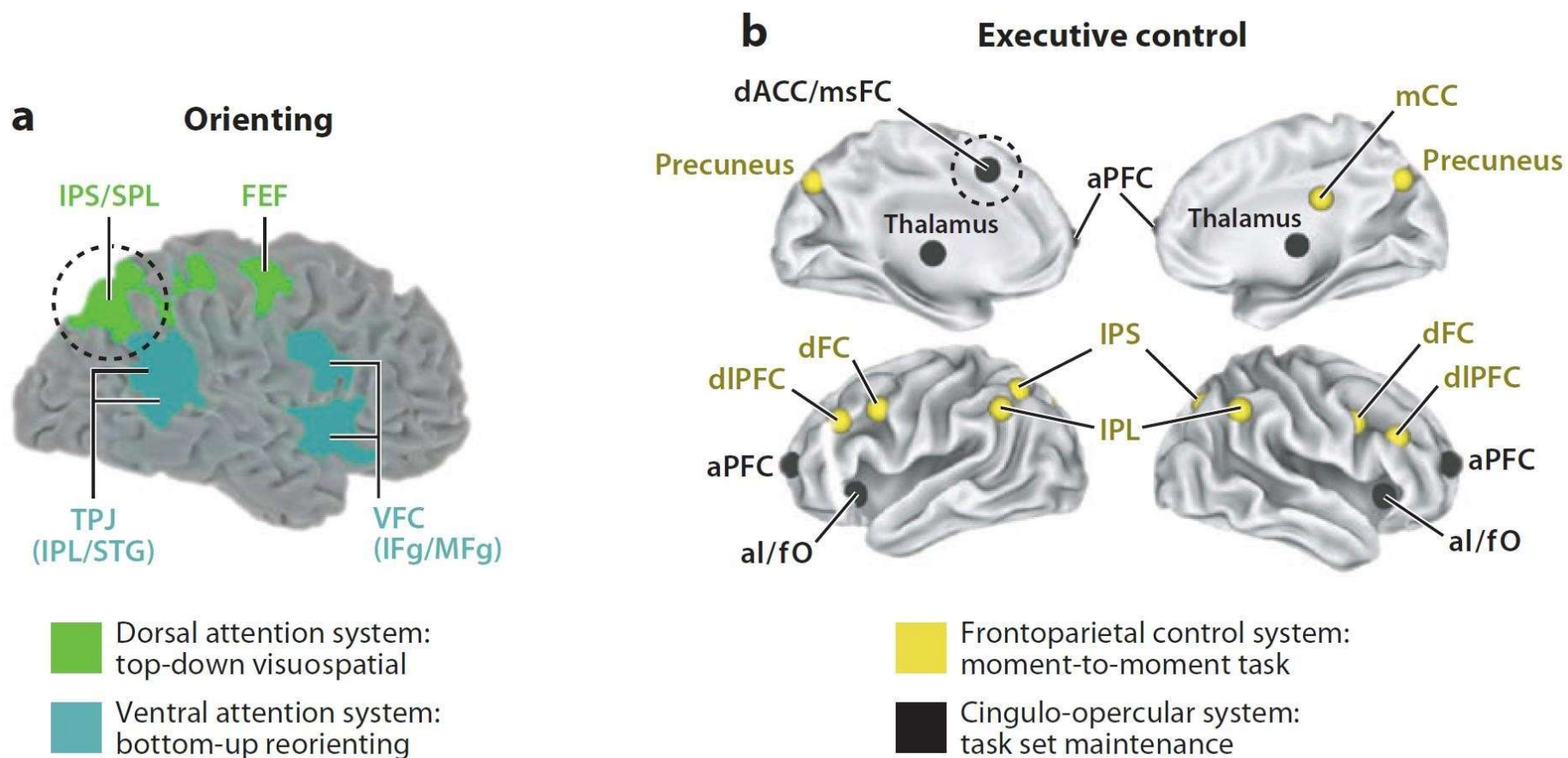
Orienting network



Executive network

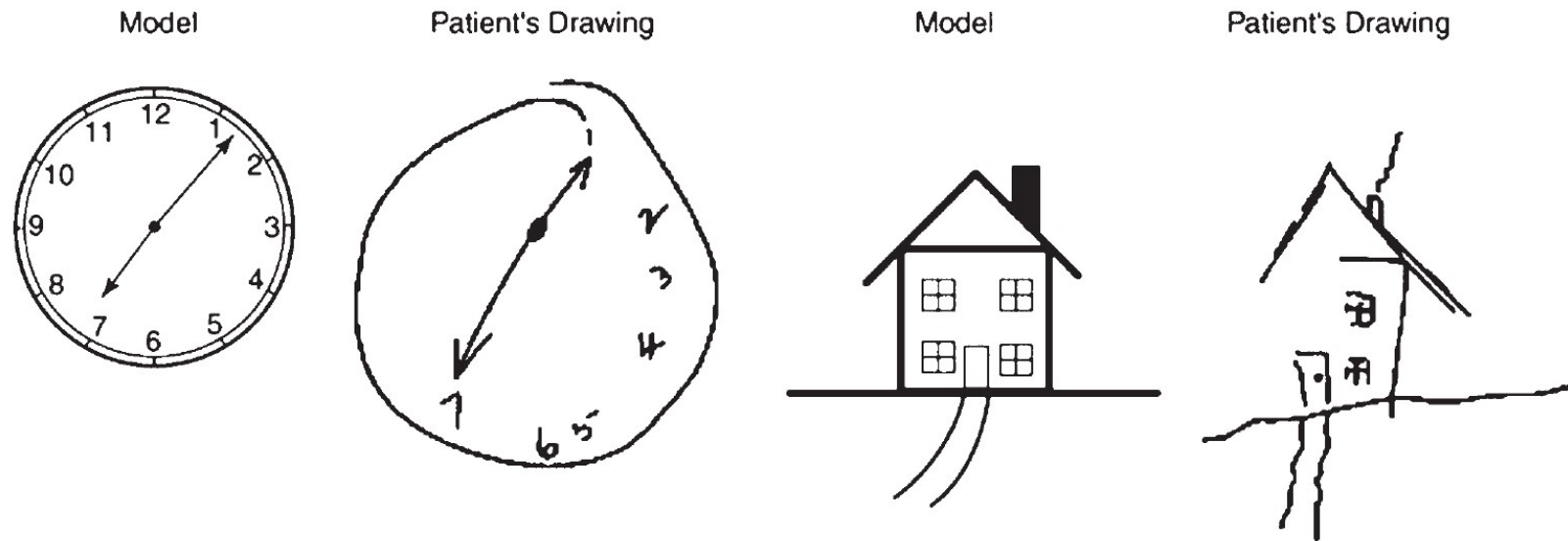
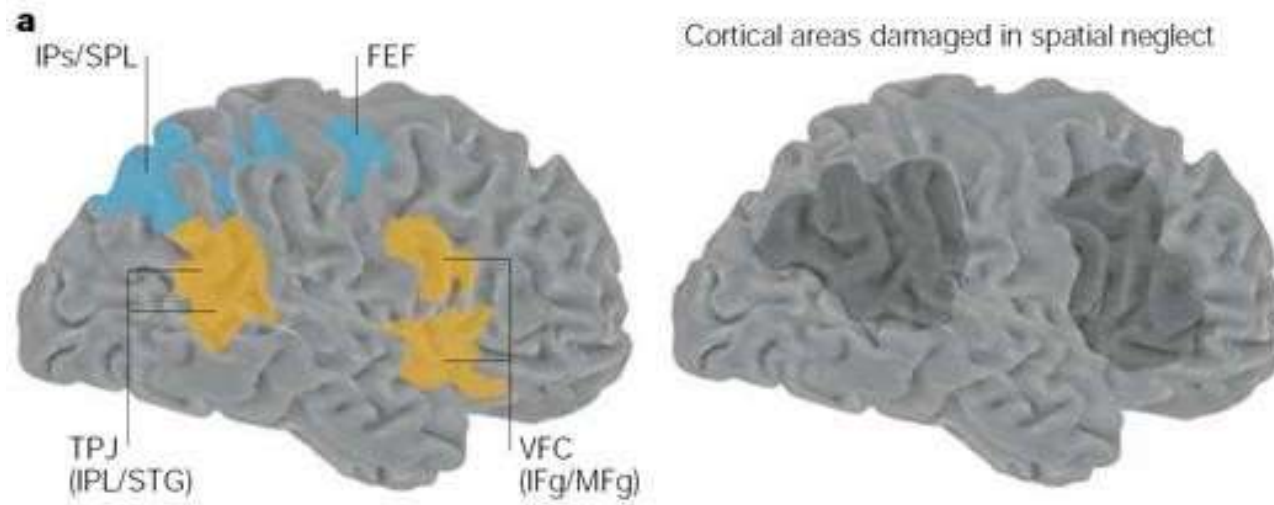


Az orientáló és a végrehajtó hálózatok további bontása



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

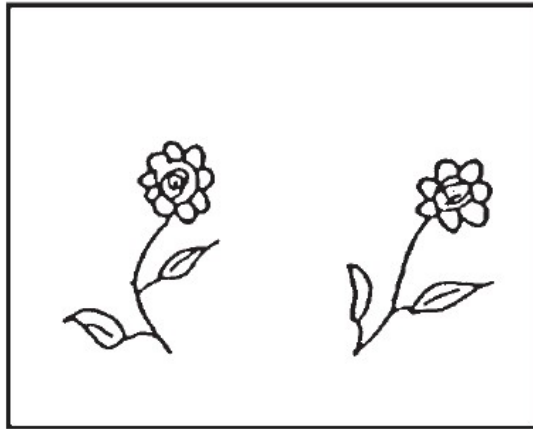
NEGLECT



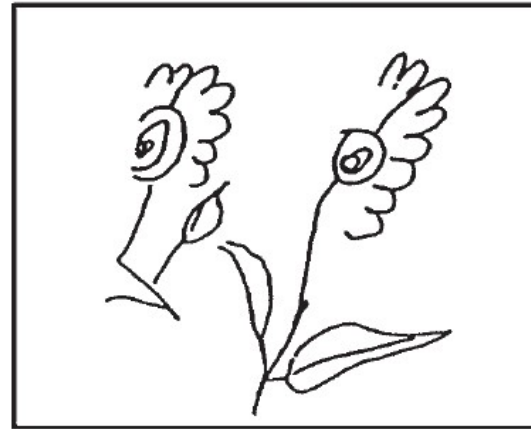


A

Model

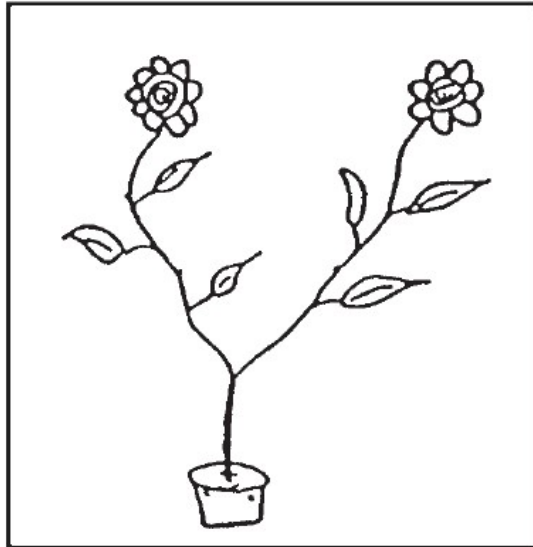


Patient's copy

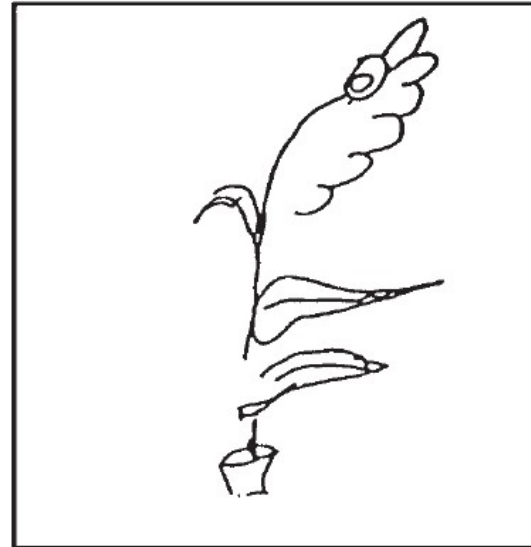


B

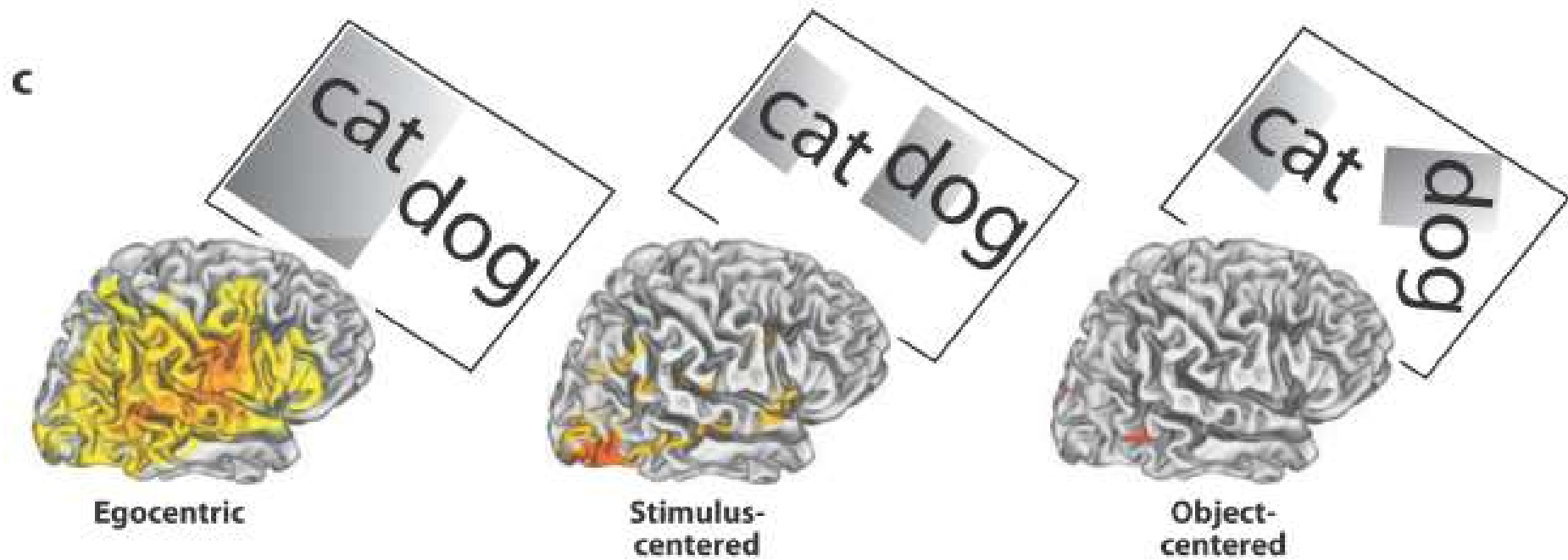
Model

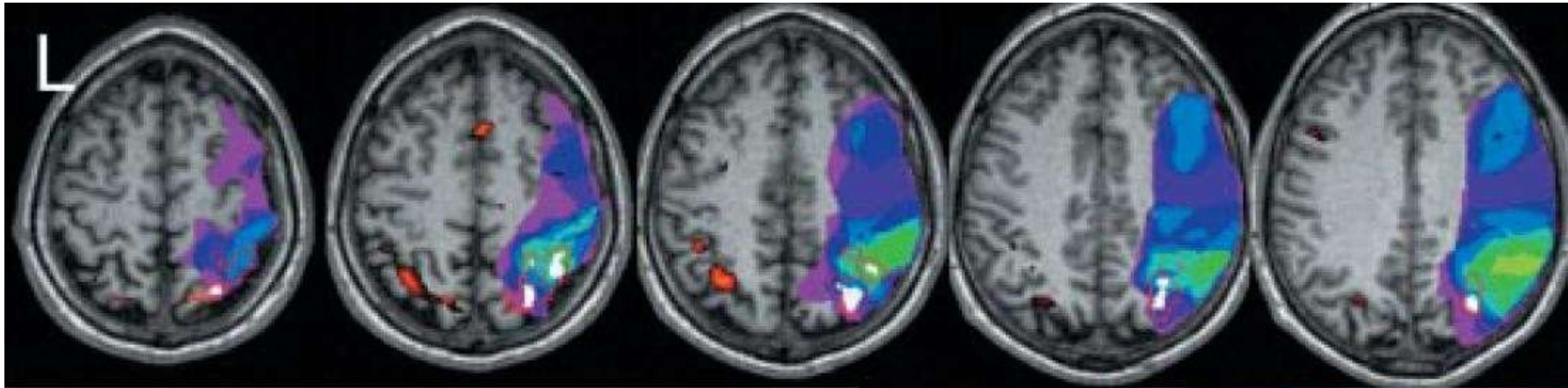


Patient's copy



Vonatkoztatási rendszerek érintettsége neglect-ben

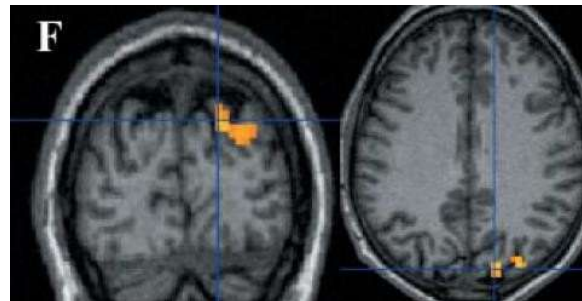


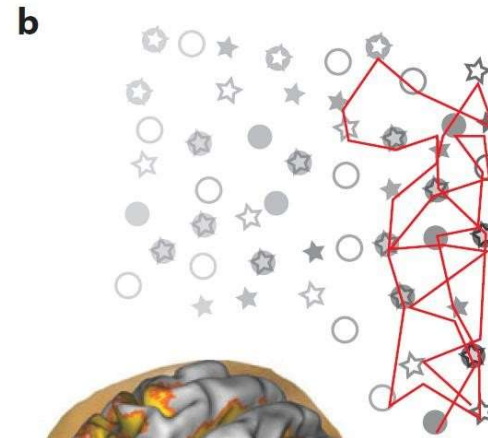
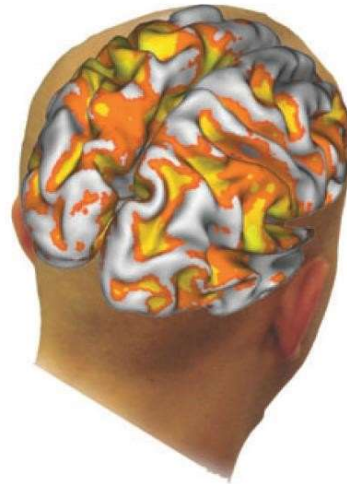
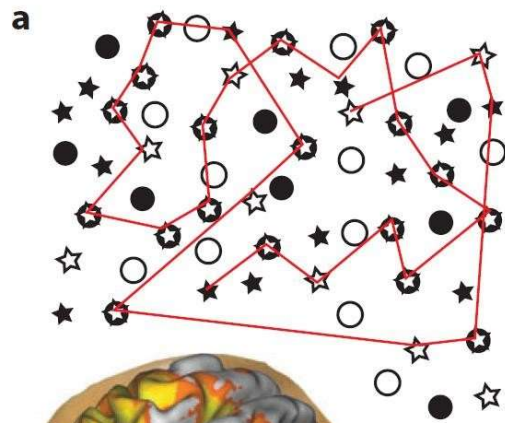


Ritka lézió neglectben

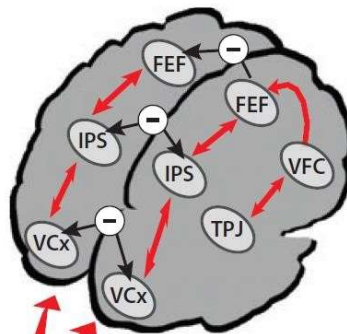
Gyakori lézió

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

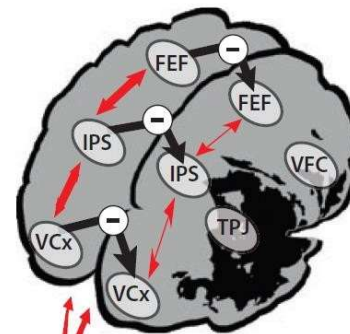




Téri neglect:
 a téri figyelem és az
 ingerjelentőség („saliency”)
 károsodása, tipikusan egy
 egocentrikus vonatkoztatási
 rendszerben



Arousal



Arousal

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

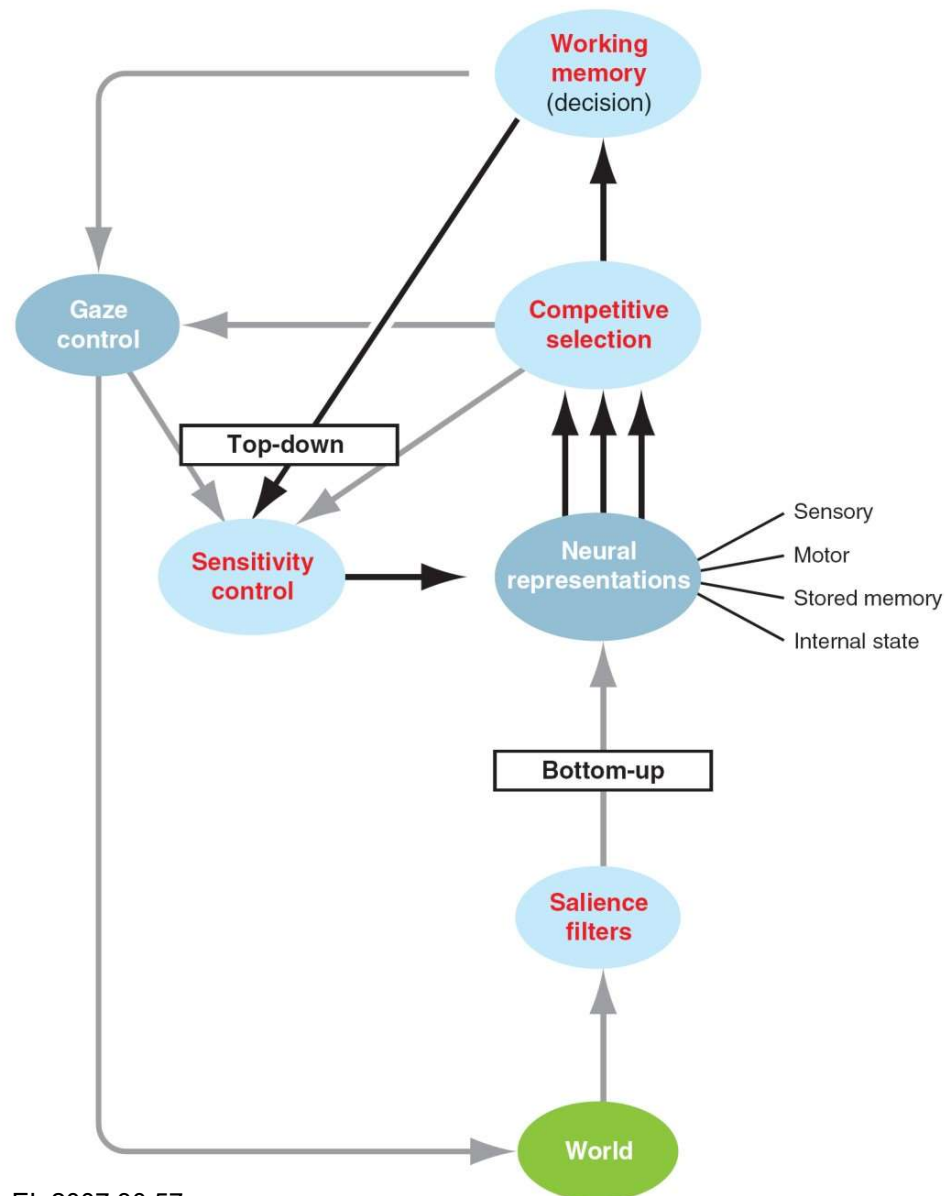
1. **Jelentőségtérkép** (saliency filter)

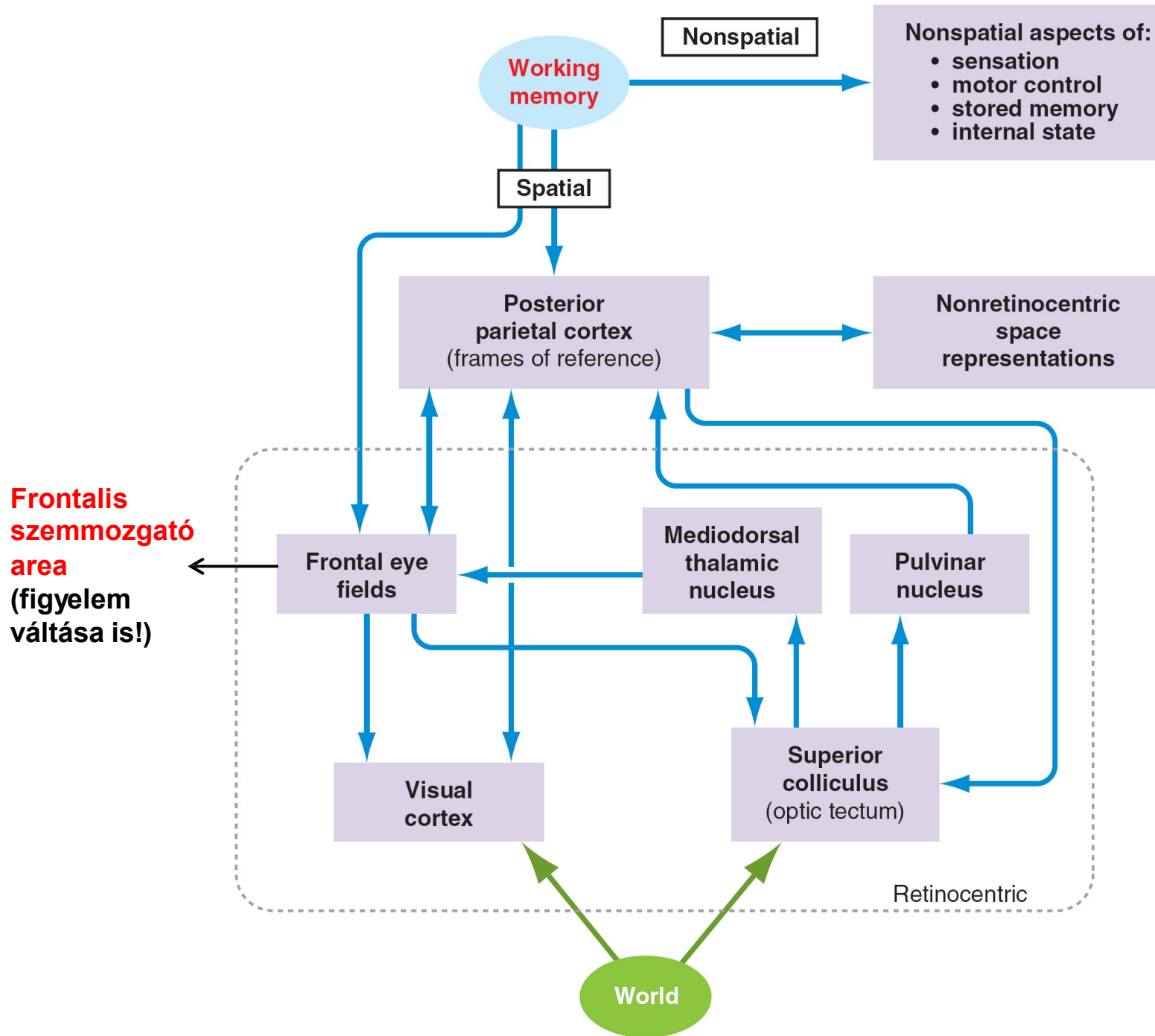
2. Ingerek **versengése** a rövidtávú memóriába jutásért (competitive selection)

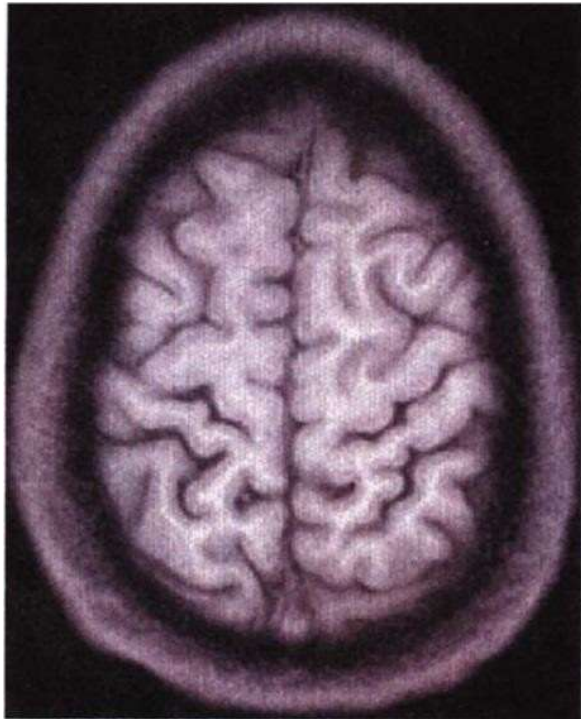
3. **Munkamemória** (working memory)

4. **Érzékenységkontroll**

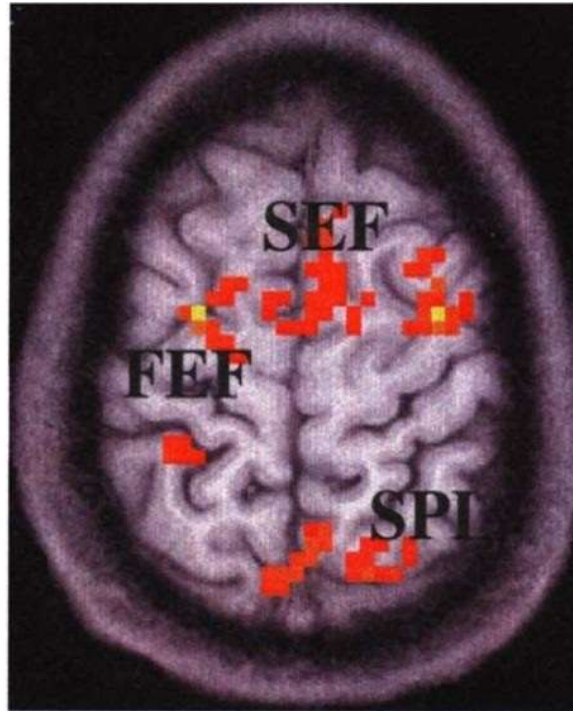
Gaze control = szemmozgás (és a figyelem-orientáció) szabályozása



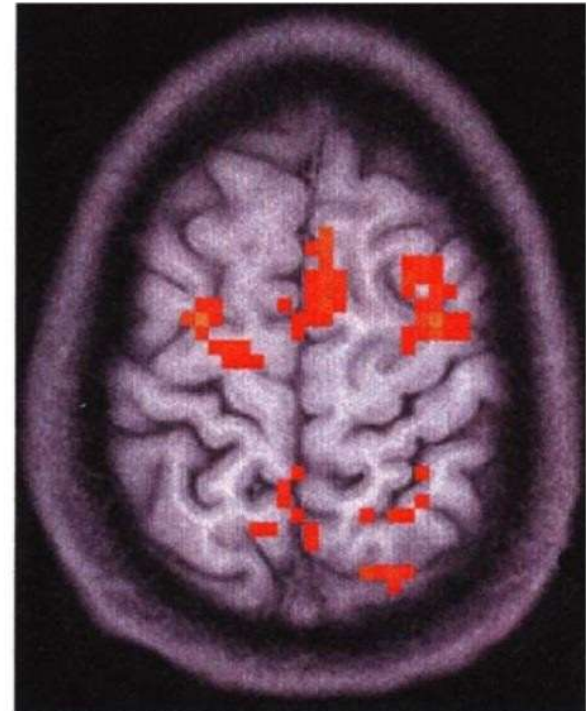




Visual stimuli without attention

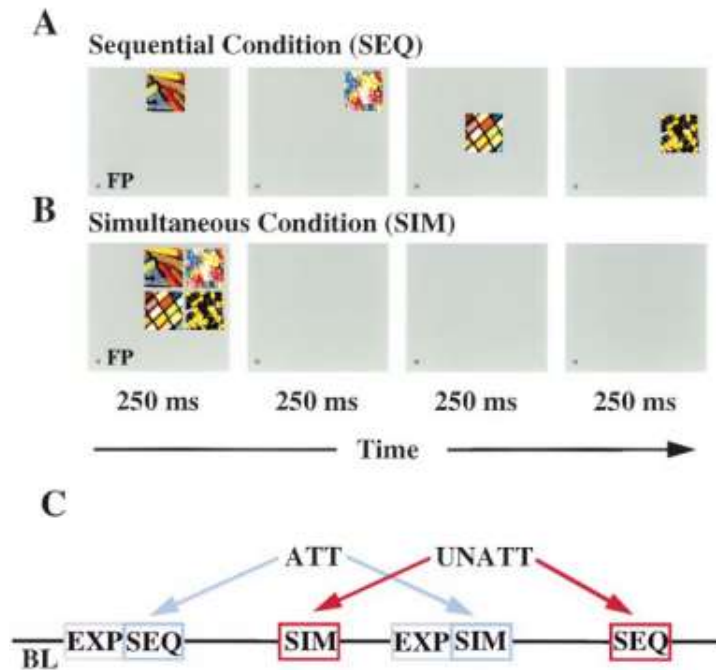


Visual stimuli and attention



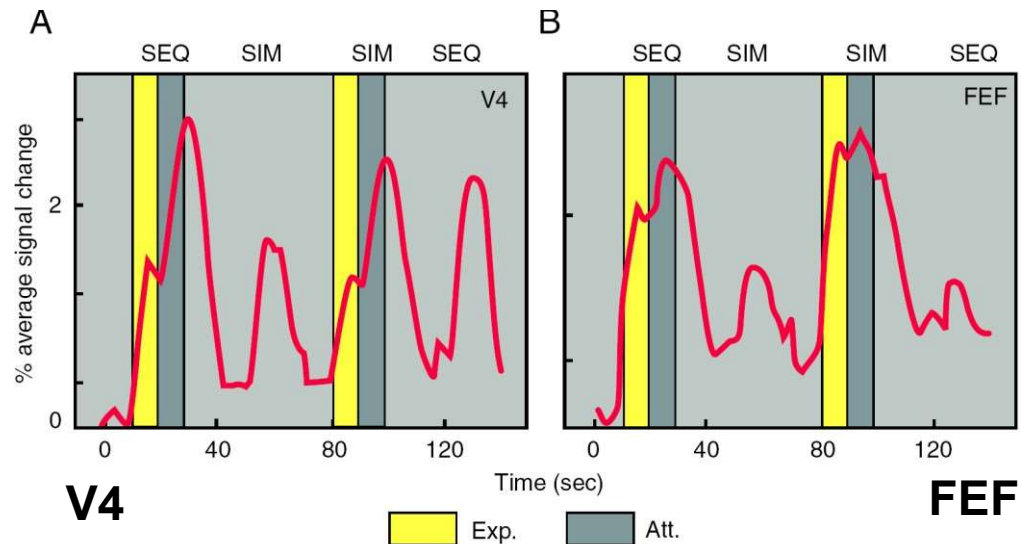
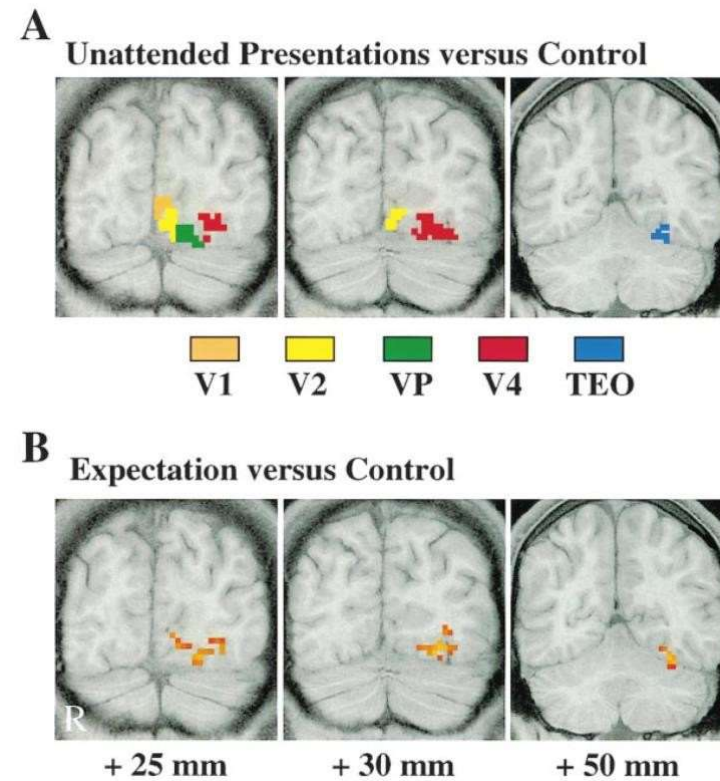
Attention without visual stimuli

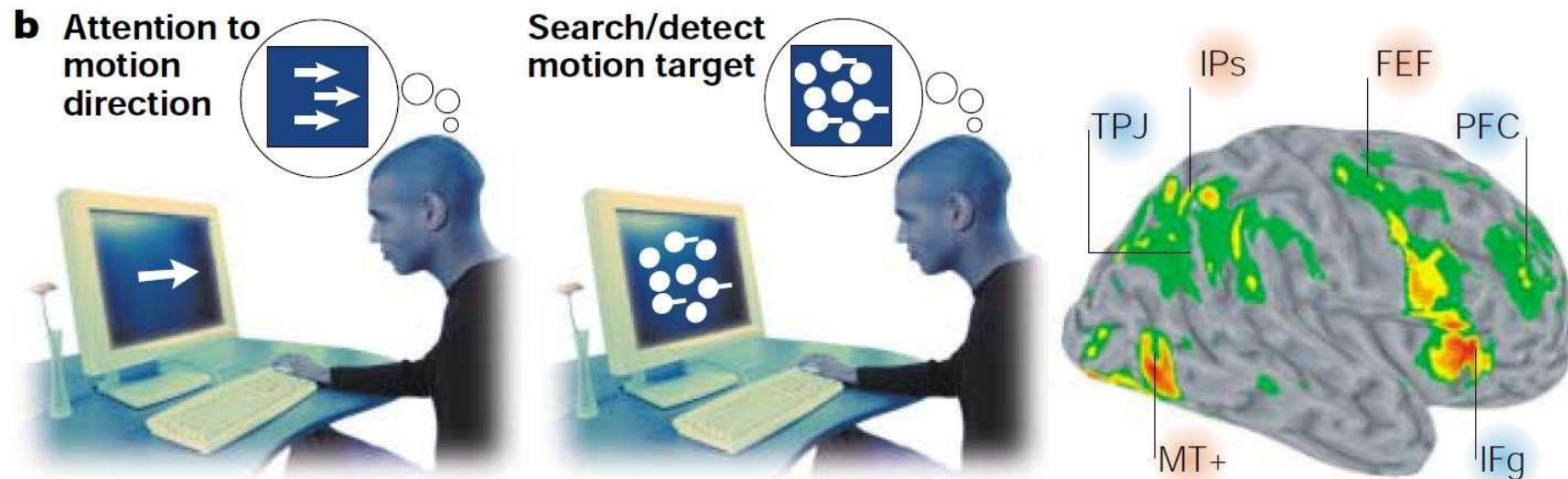
SEF – supplementary eye field, **FEF** – frontal eye field, **SPL** – superior parietal lobe



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

A látórendszer figyelmi szignálok modulálják





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

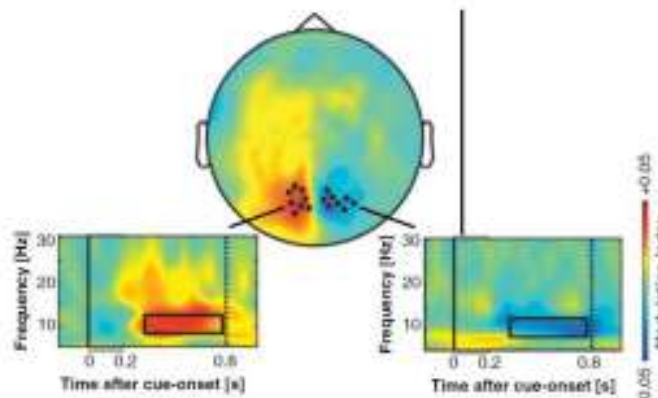
Keresés alatt, illetve
detekció során aktív
 területek

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



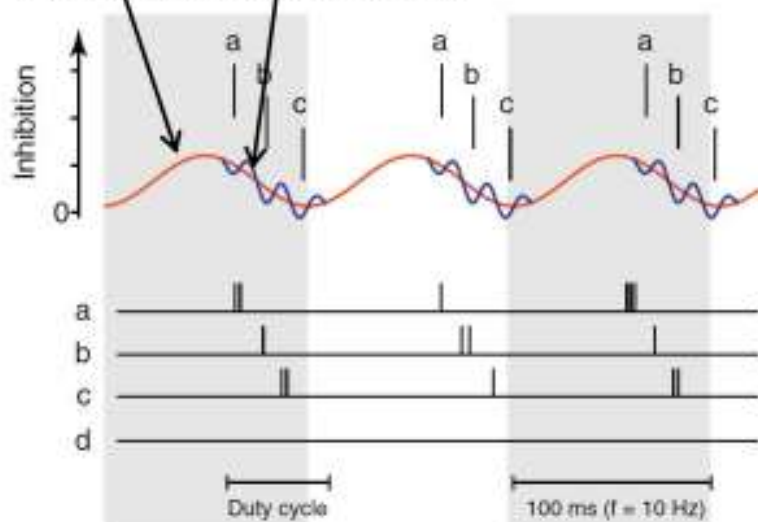
**Betűk: a figyelem célpontját
 jelentő stimulusok**

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

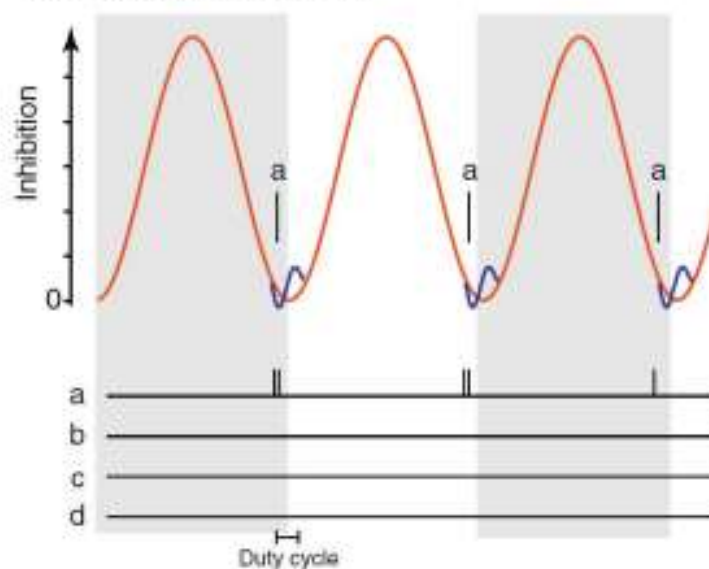


**Bal térfélre irányított
 figyelem: jobb féltéke
 EEG alfa ritmus csökkenés**

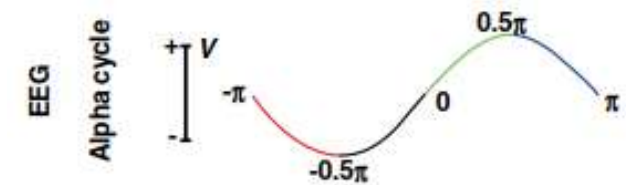
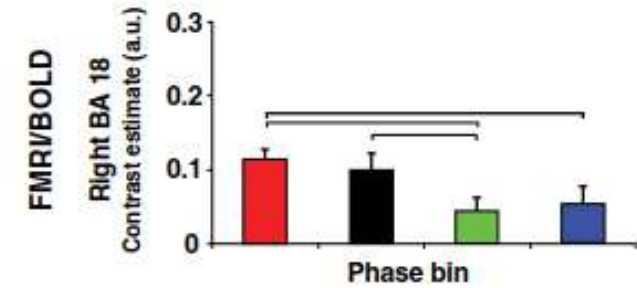
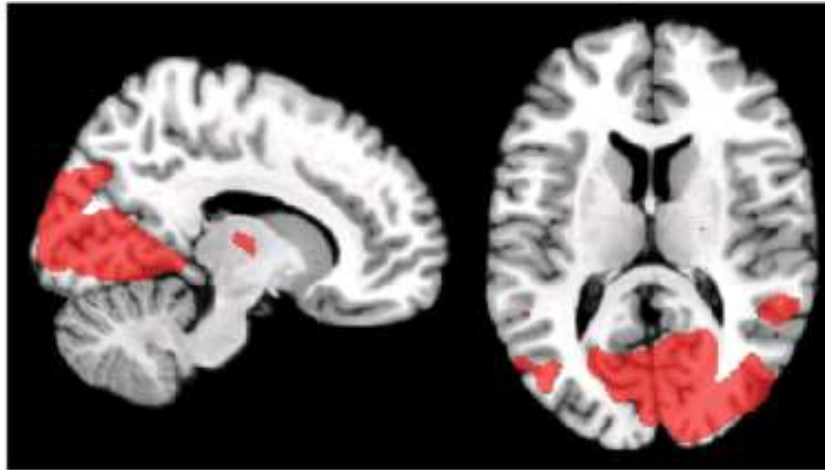
(b) Medium alpha ('medium attention')



(c) High alpha ('low attention')

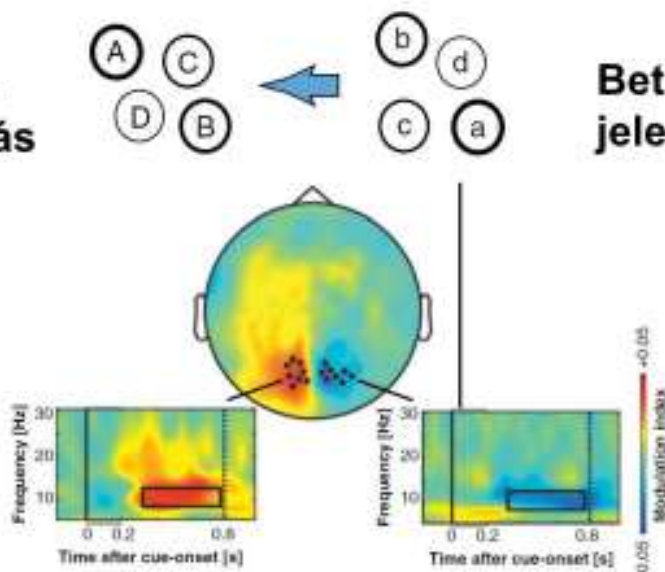


Az okcipitális alfa-fázis modulálja a vizuális ingerek által kiváltott látókérgi BOLD-választ



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

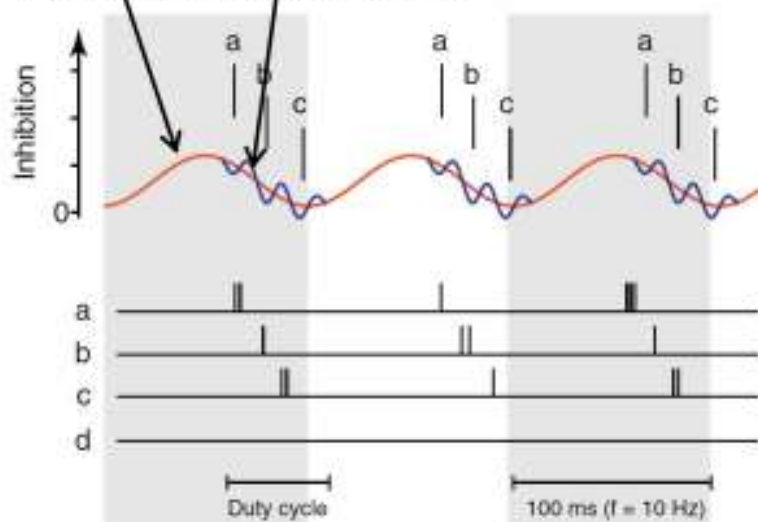
Alfa: gátlás
 (8-13 Hz ritmosos
 neuronális aktivitás)



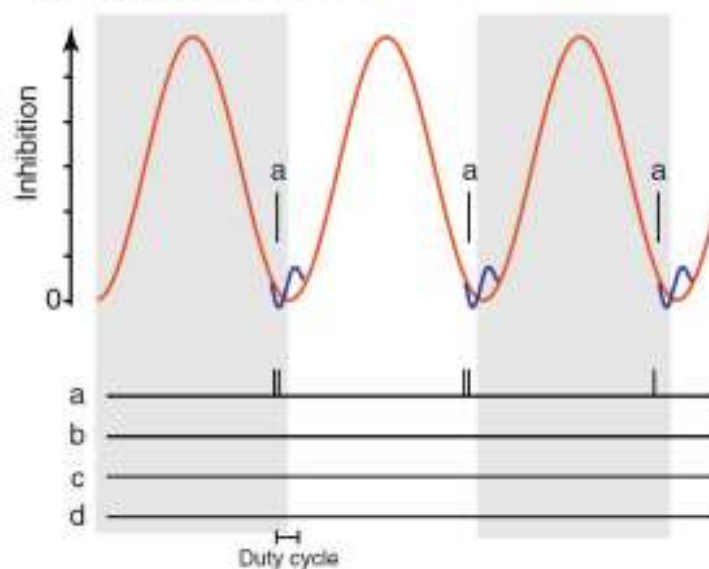
**Betűk: a figyelem célpontját
 jelentő stimulusok**

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

(b) Medium alpha ('medium attention')



(c) High alpha ('low attention')

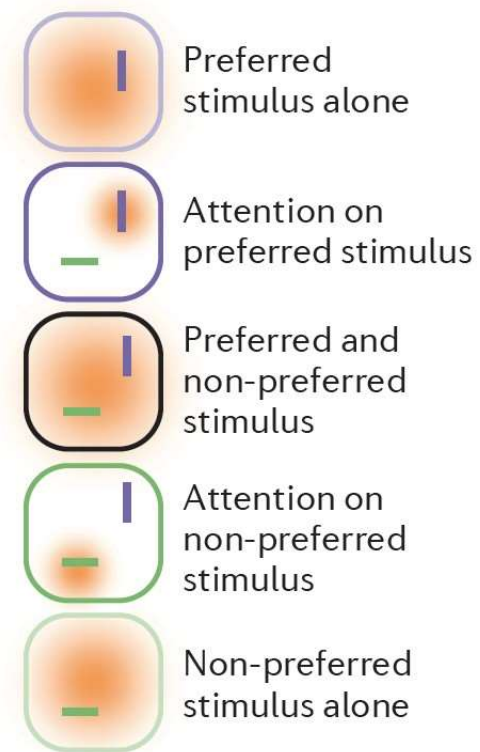
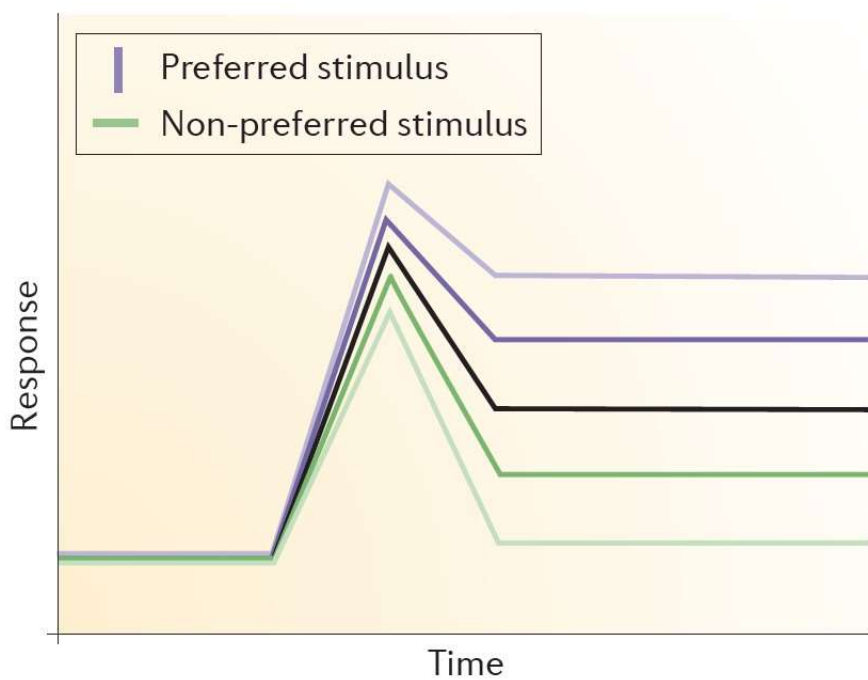


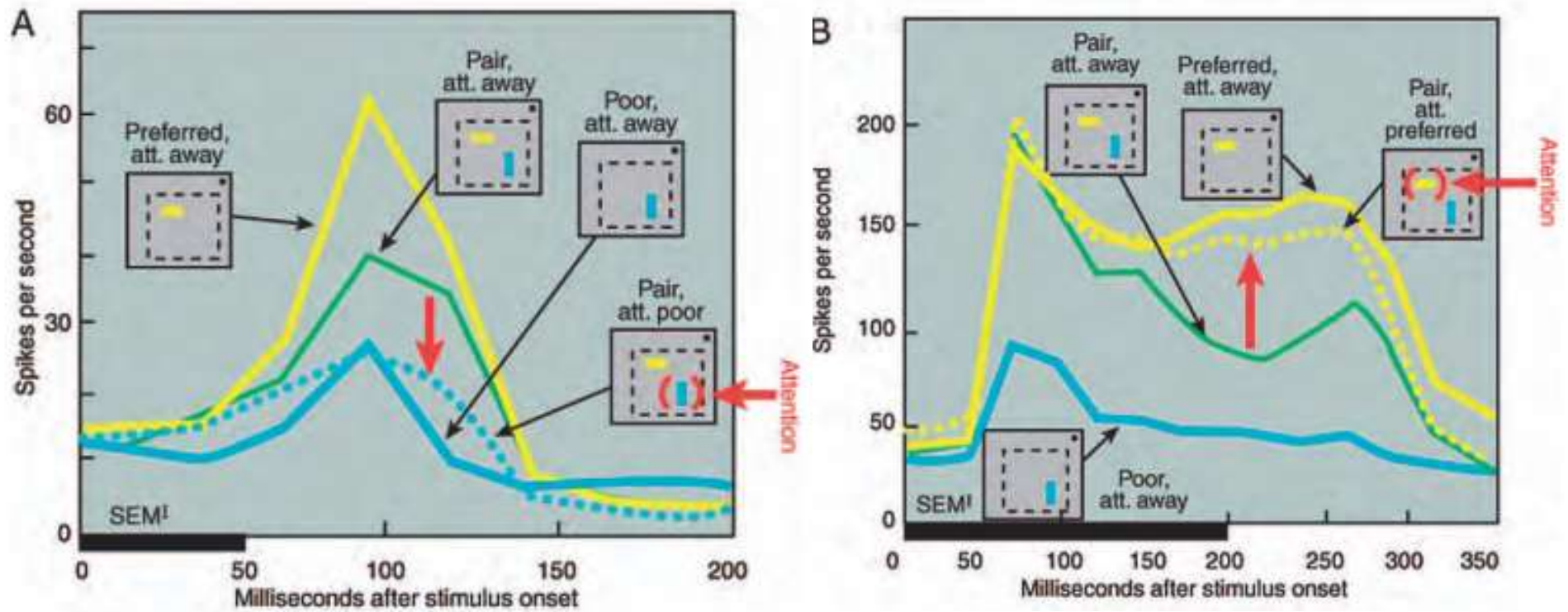
Részösszefoglalás 2. A súlyozott versengési modell lokalizációs alapjai

- 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

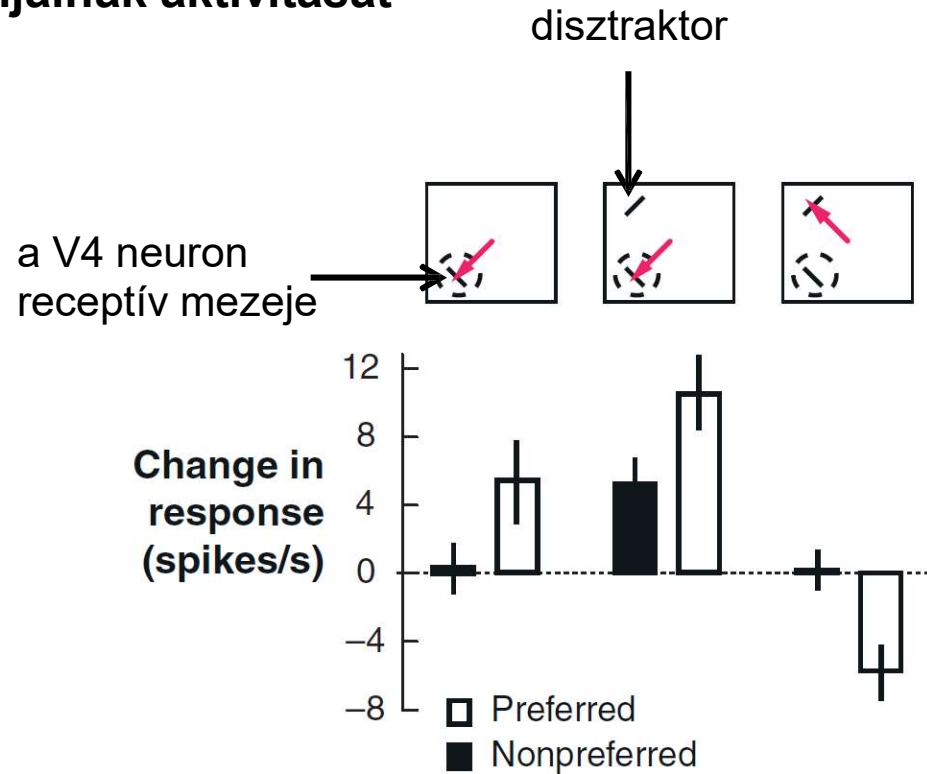
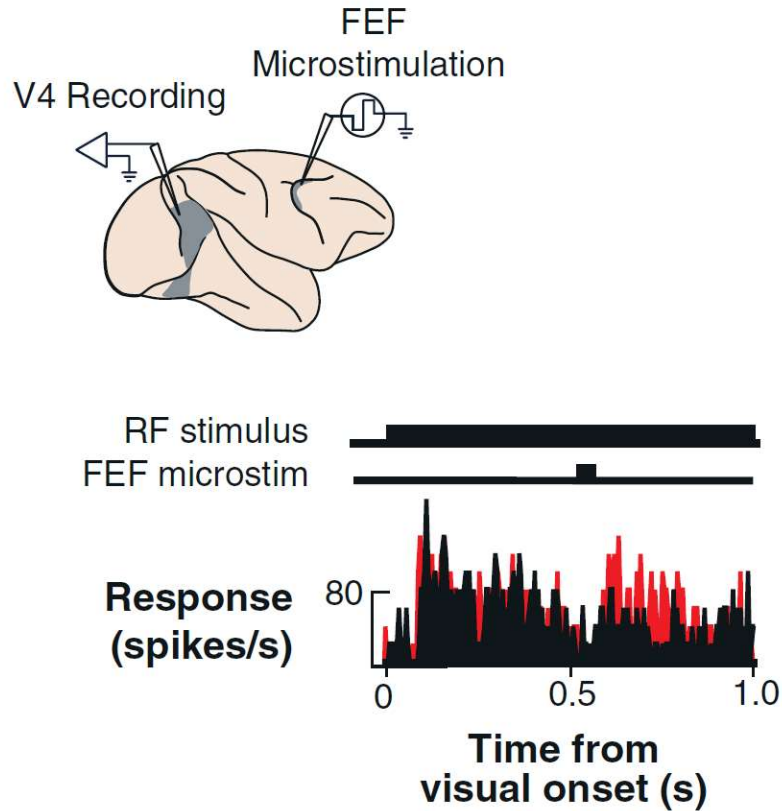
V4/IT egysejt





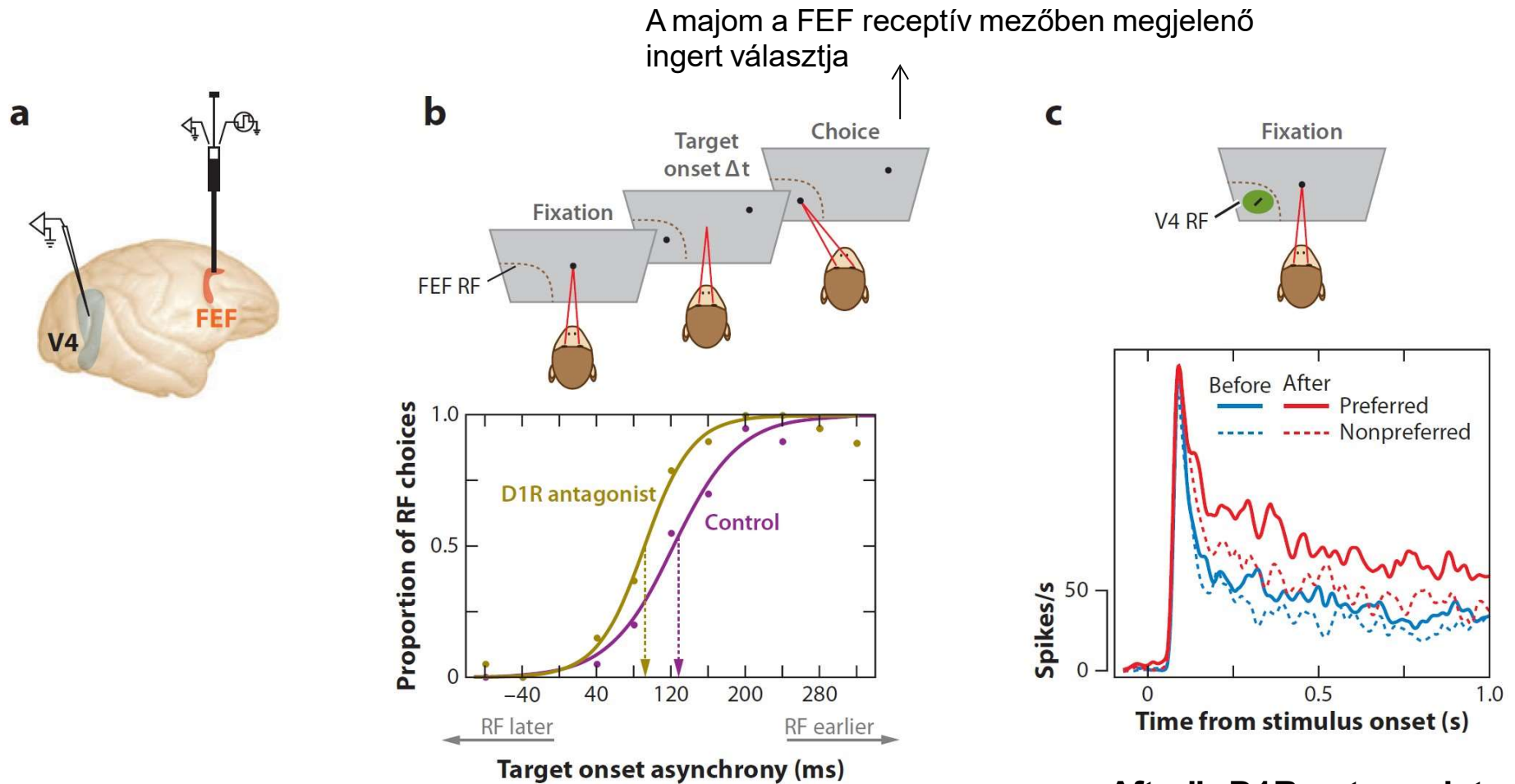
Adott ingert preferáló V2 sejt aktivitását befolyásolja egy másik inger és a figyelem

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



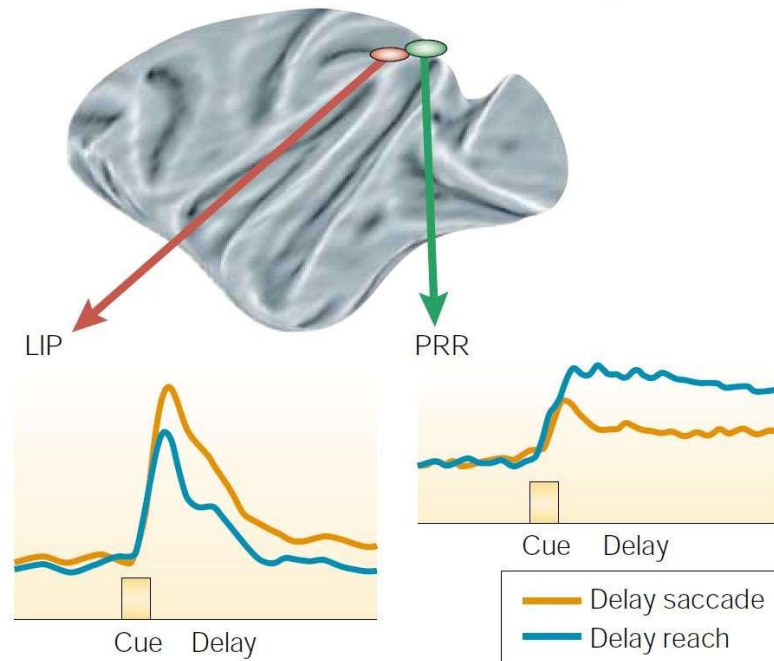
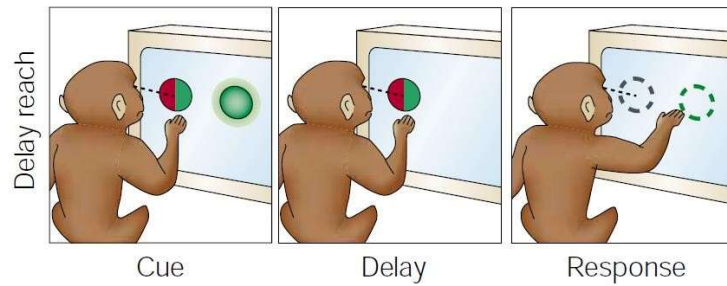
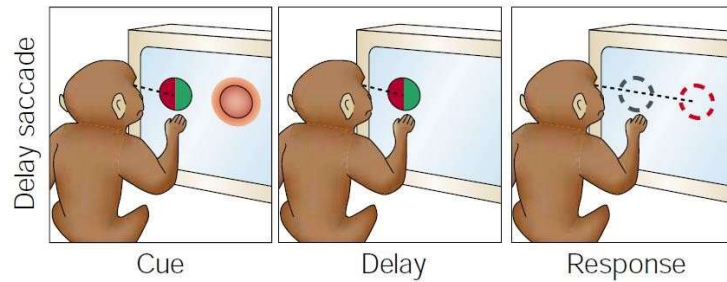
„Preferred”: a V4 neuron preferált stimulusorientációja
 Piros nyíl: a FEF stimulációja által kiváltott szemmozgásirány

A dopamin kiemelt szerepe a FEF - szenzoros kéreg kölcsönhatásban



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

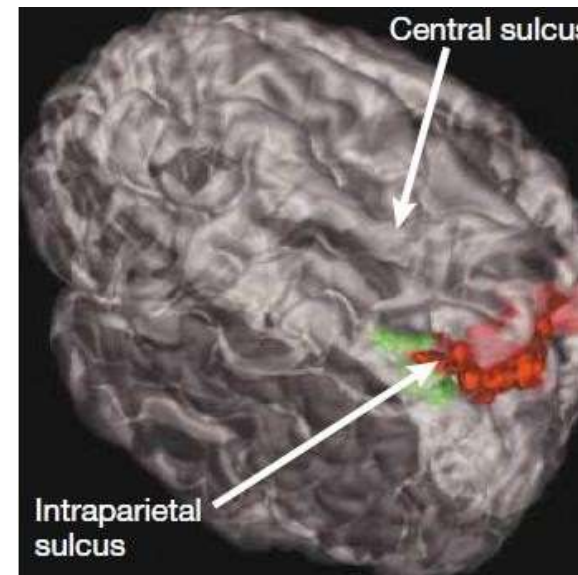
„After”: D1R antagonist után



Az intraparietalis sulcus szerepe

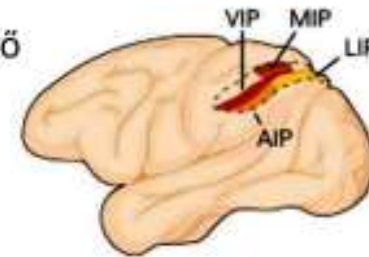
LIP – lateralis intraparietalis (saccad)

PRR – „parietal reach region” (kéz)

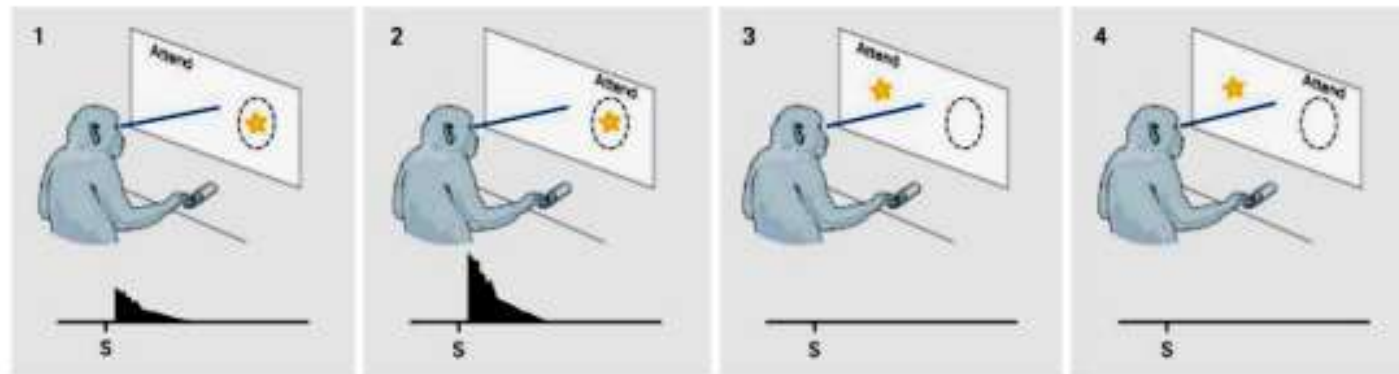


Piros: inger-válasz kapcsolat (jobb vs. bal kéz)
Zöld: ingerkiválasztás (szín vagy alak)

- **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



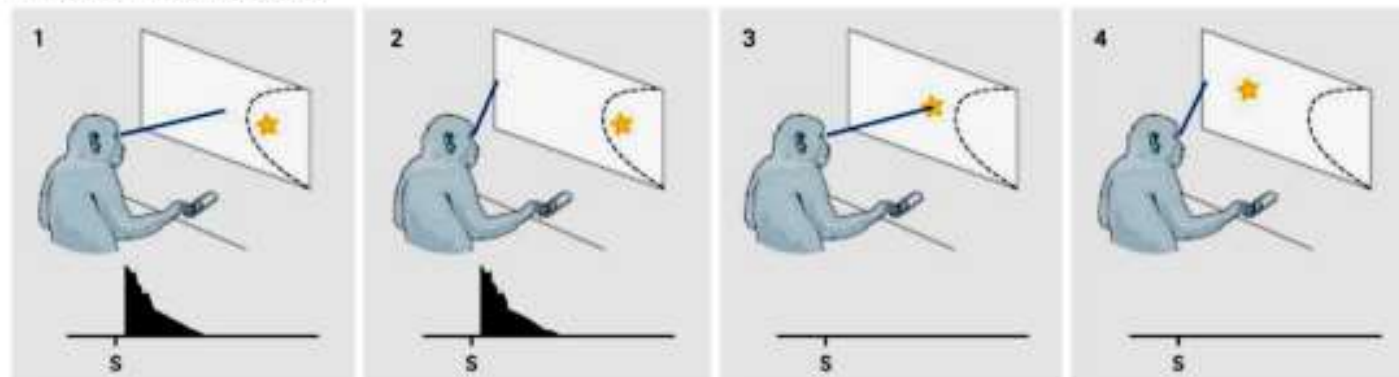
A Lateral intraparietal area



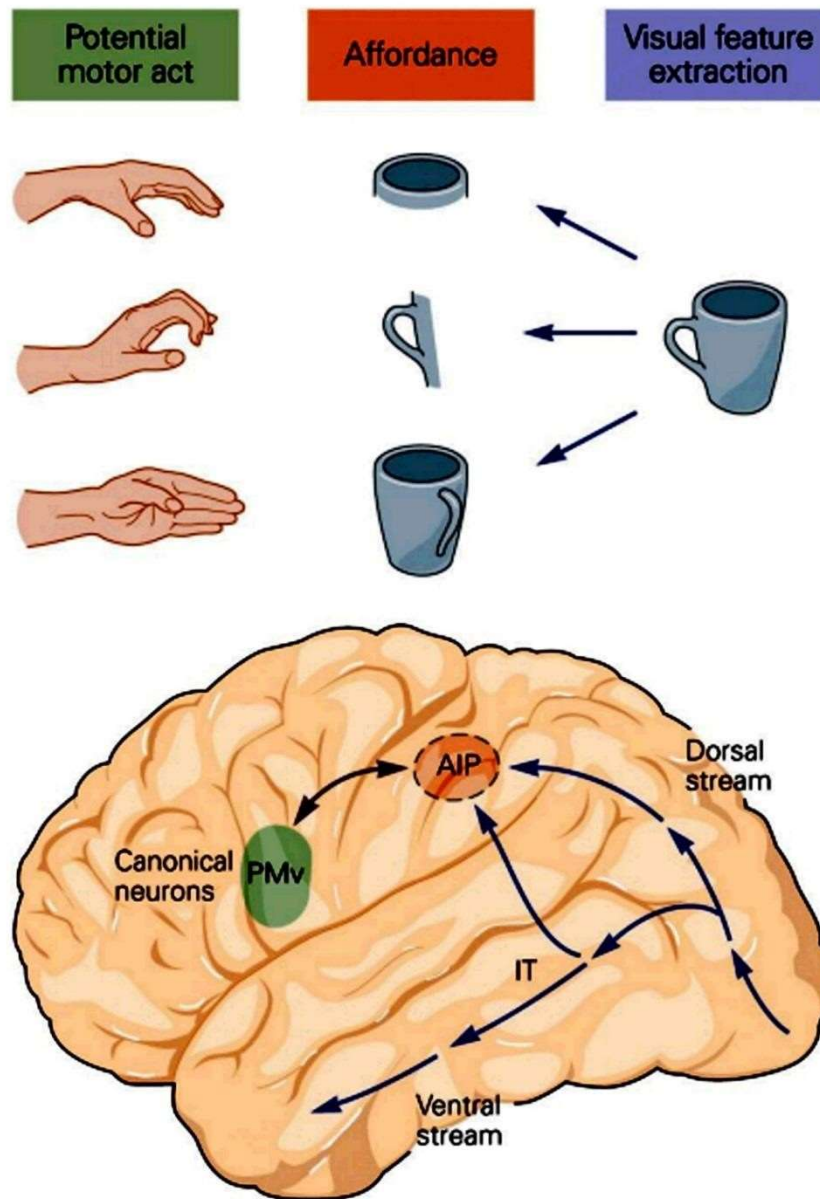
Receptive field characteristics

Retina-centered, attention sensitive

B Ventral intraparietal area



Head-centered



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

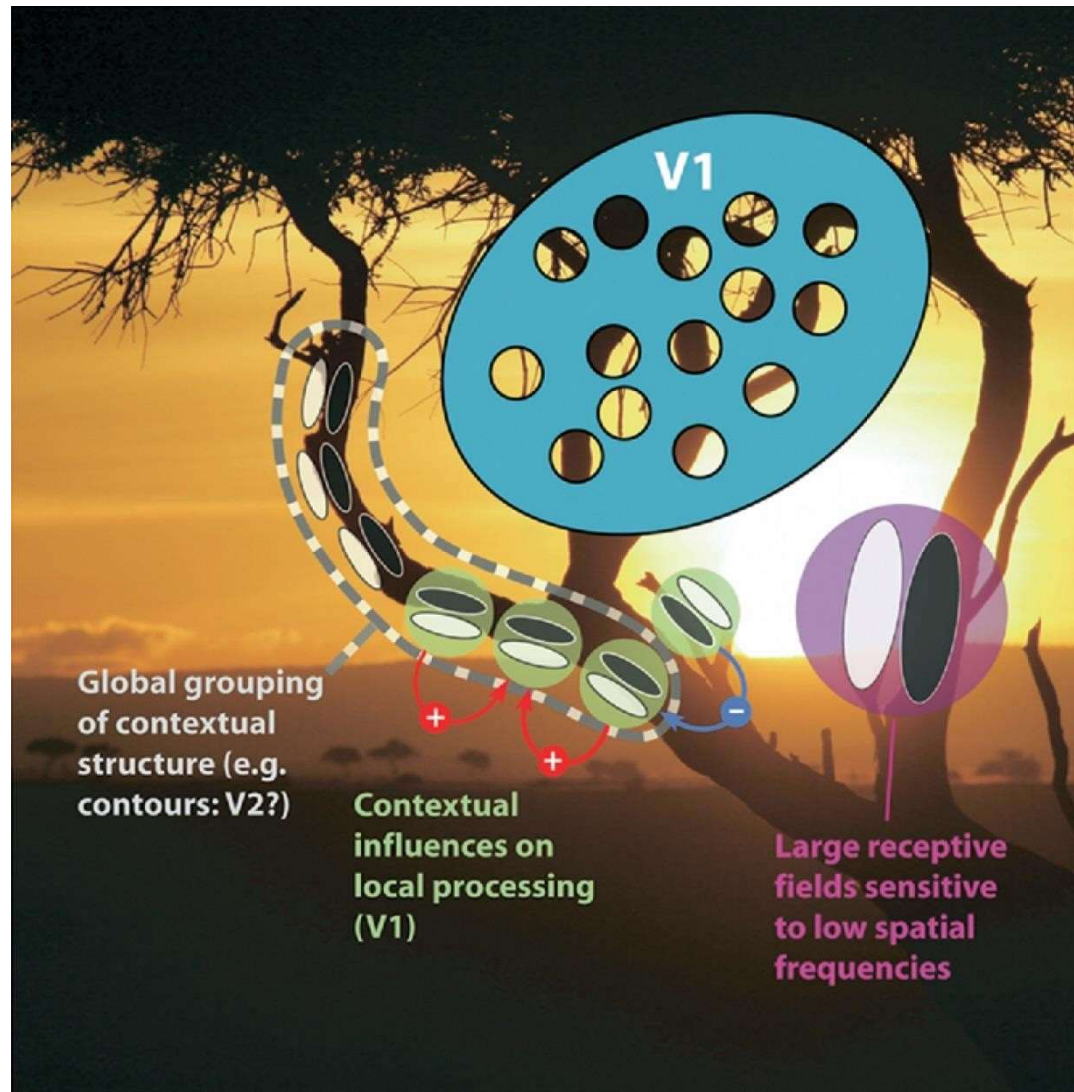
kölcsönhatása:
különböző használati
módokhoz
kapcsolódó motoros
mintázatok
kiválasztása térbeli
információ alapján

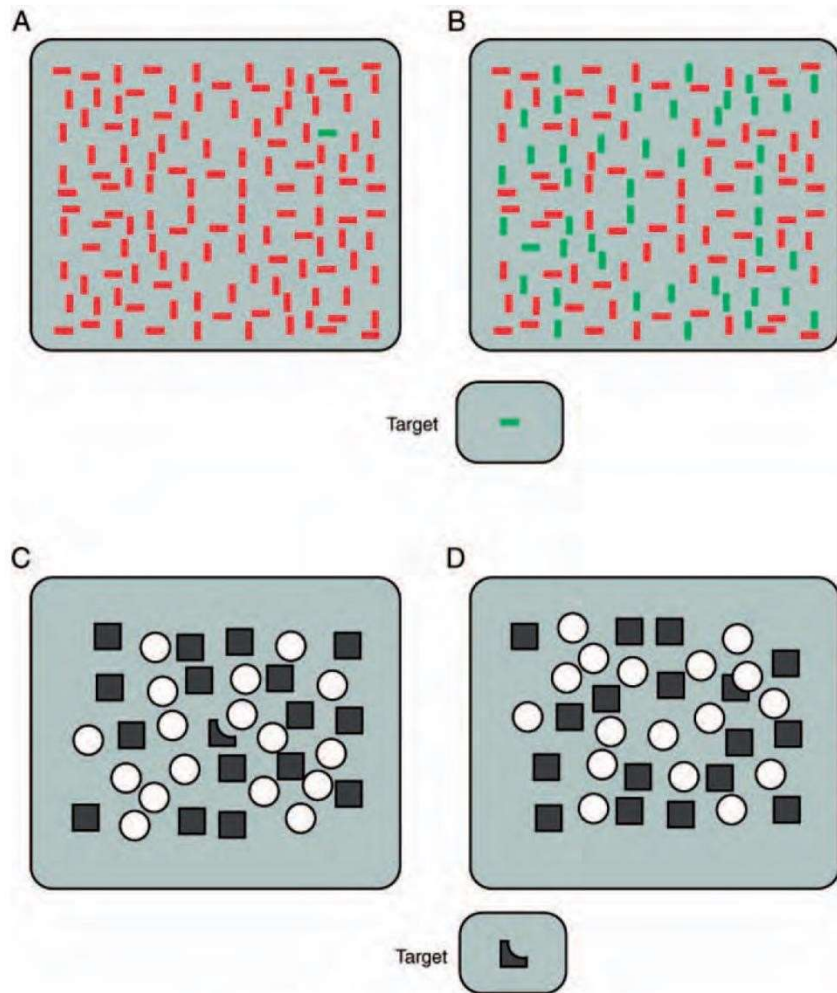
Részösszefoglalás 3. A súlyozott versengési modell sejtszintű alapjai

- 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? Tradicionalisan „preattentív” Gestalt csoportosítási faktorok és a receptív mezők





Treisman vonásintegrációs elmélete

Pop-out: preattentív

Egyetlen vonás detekciója elég (szín)

Kontrollált keresés:

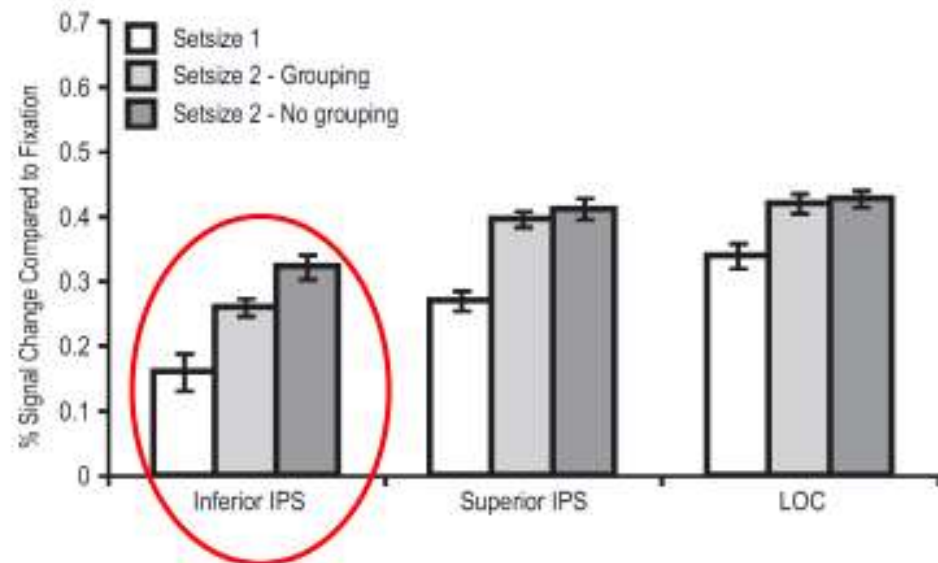
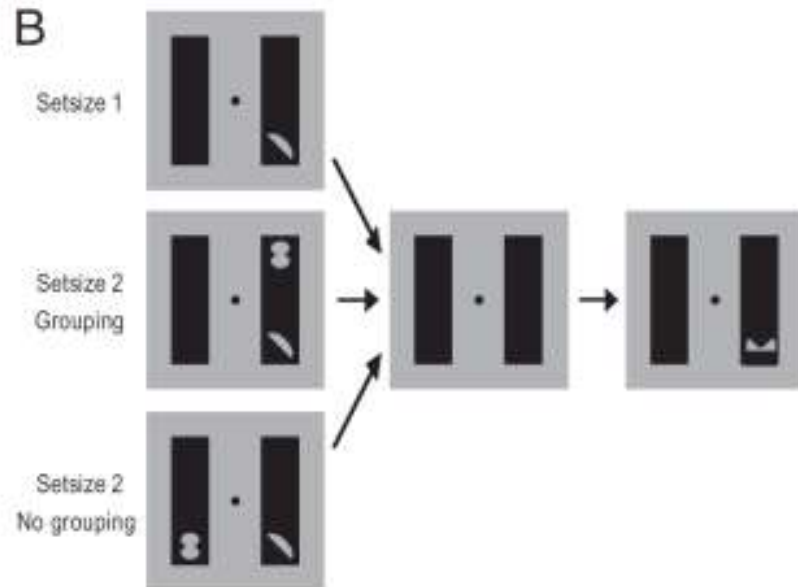
2 vonás kell (szín és orientáció) –
„binding” - parietalis cortex

Preattentív „object file”

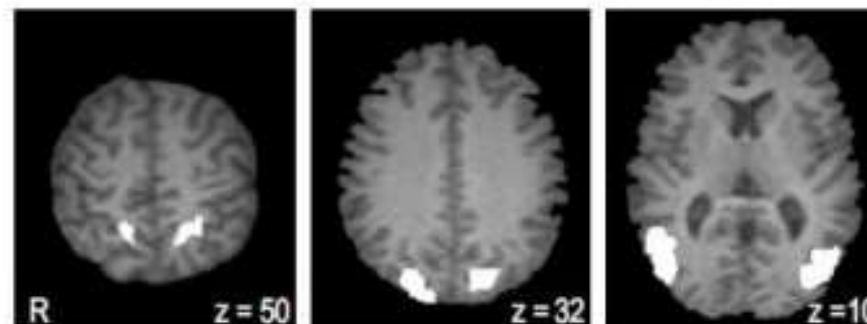
Az elemek a vizuális keresés figyelmi aktivációja előtt már „tárgyakká” szerveződnek

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

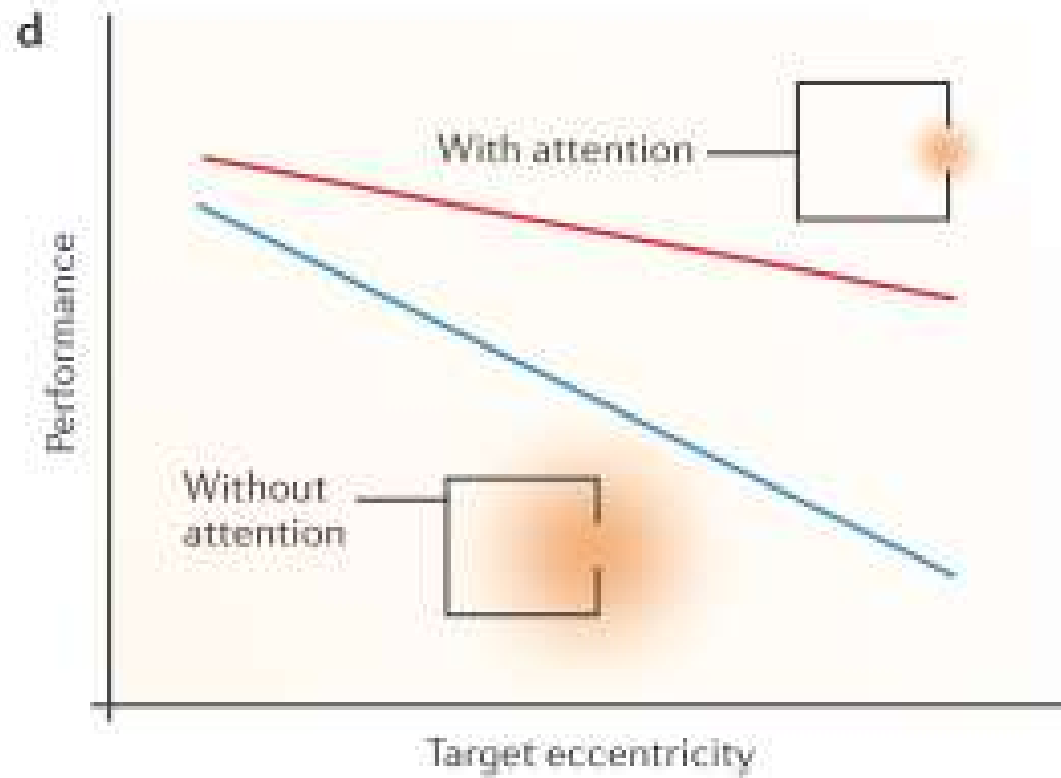
B



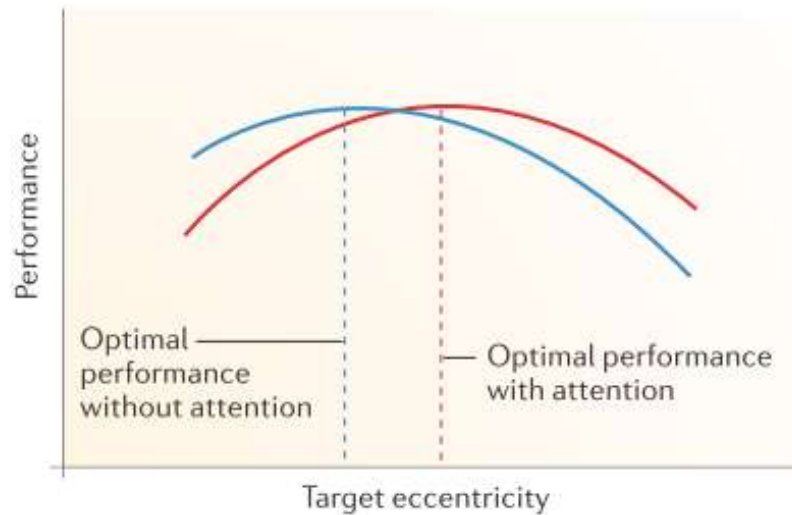
IPS – intraparietalis sulcus
LOC – lateralis occipitalis cortex



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

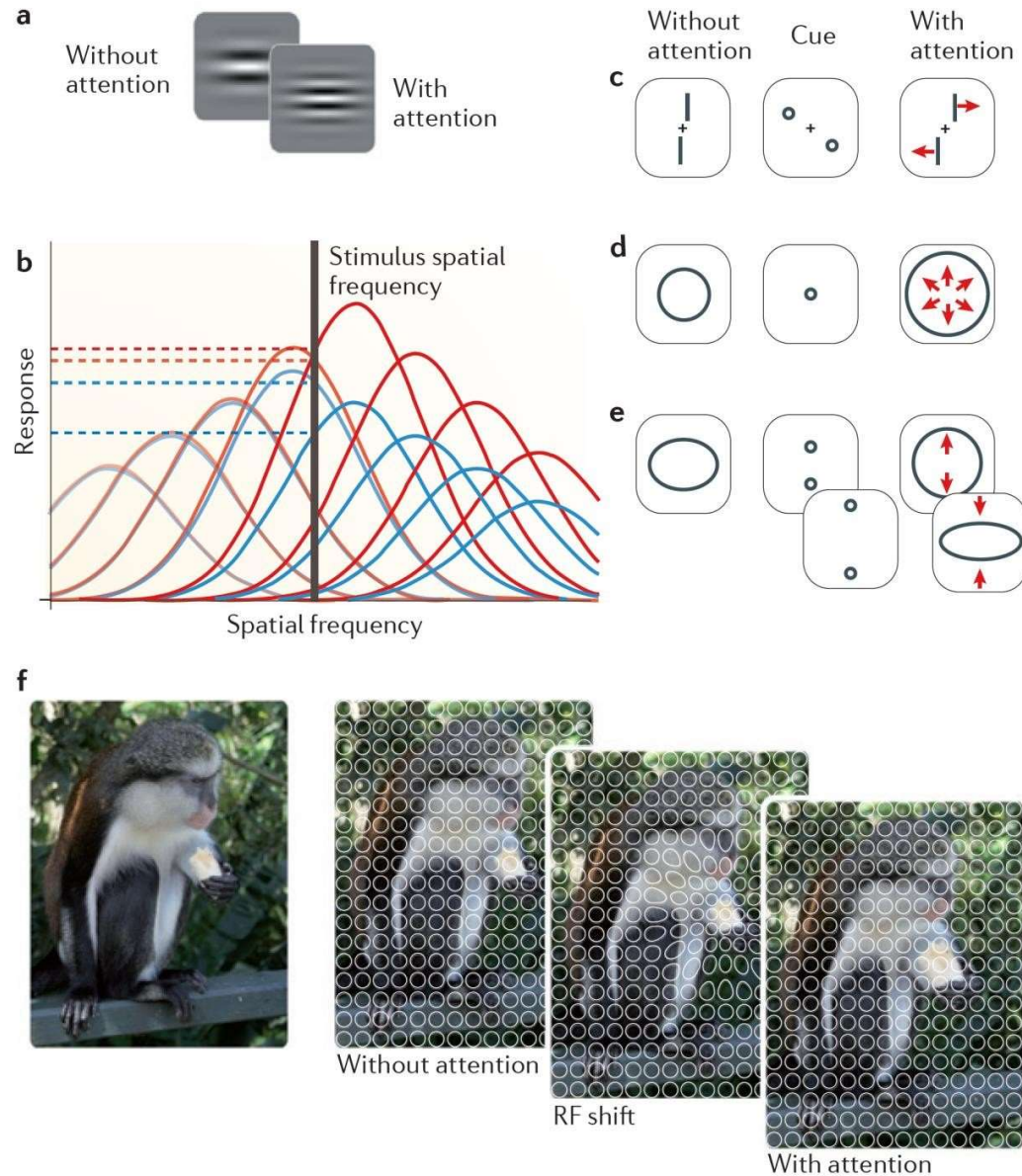


With attention

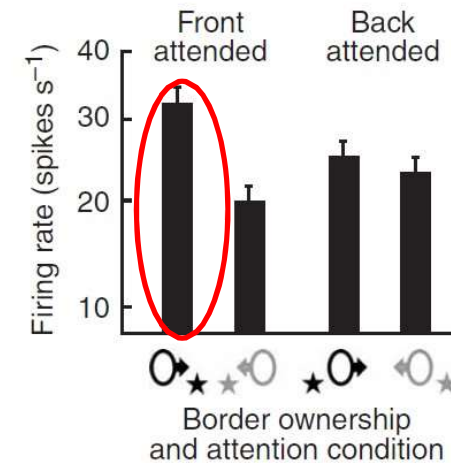
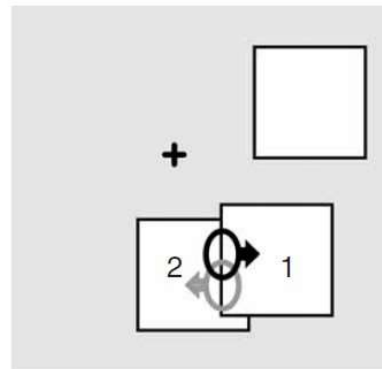
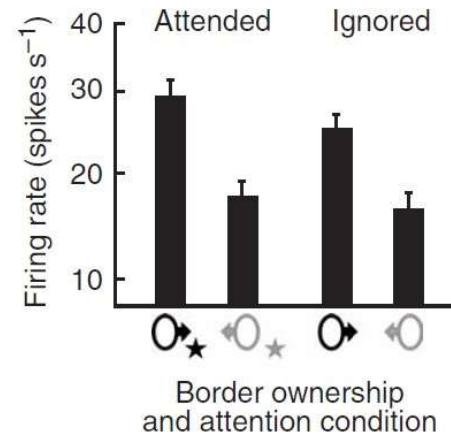
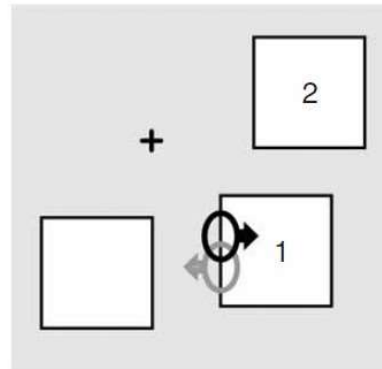


Target eccentricity

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

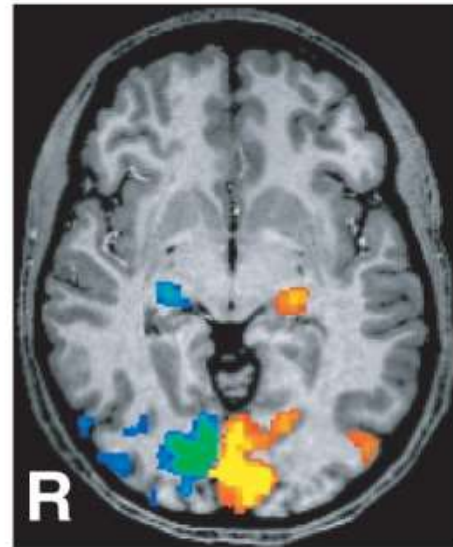
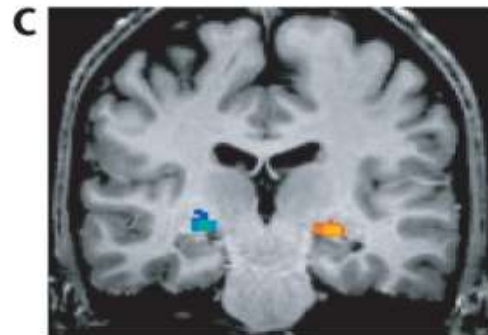
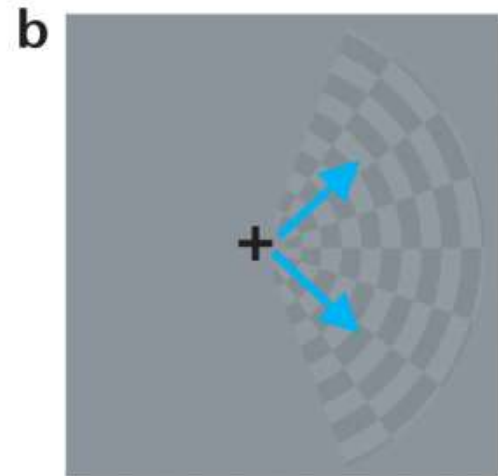
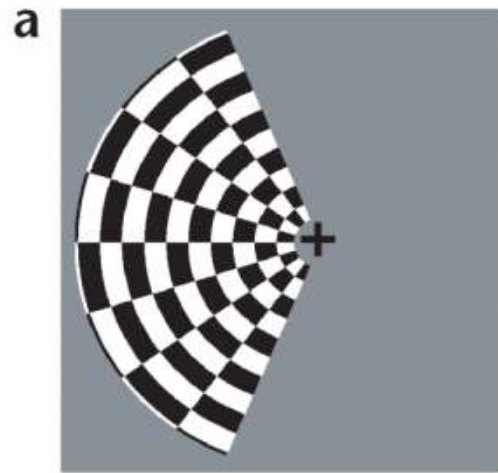


V1/V2 neuronok kódolják a tárgyak határát (szegmentáció), ha a figyelem az adott tárgyra irányul („object-based attention”)

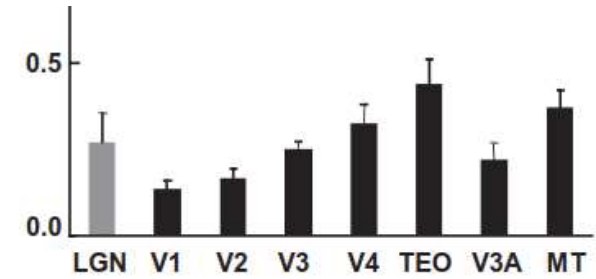


Bal oldali határt kódoló neuron **Jobb oldali határt kódoló neuron**

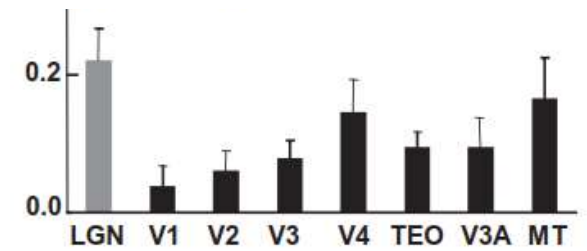
Milyen korai feldolgozási szakaszban lehet kimutatni figyelmi modulációt?



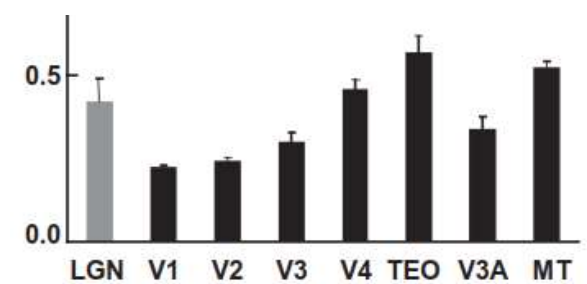
Serkentés



Elyomás



Elvárás

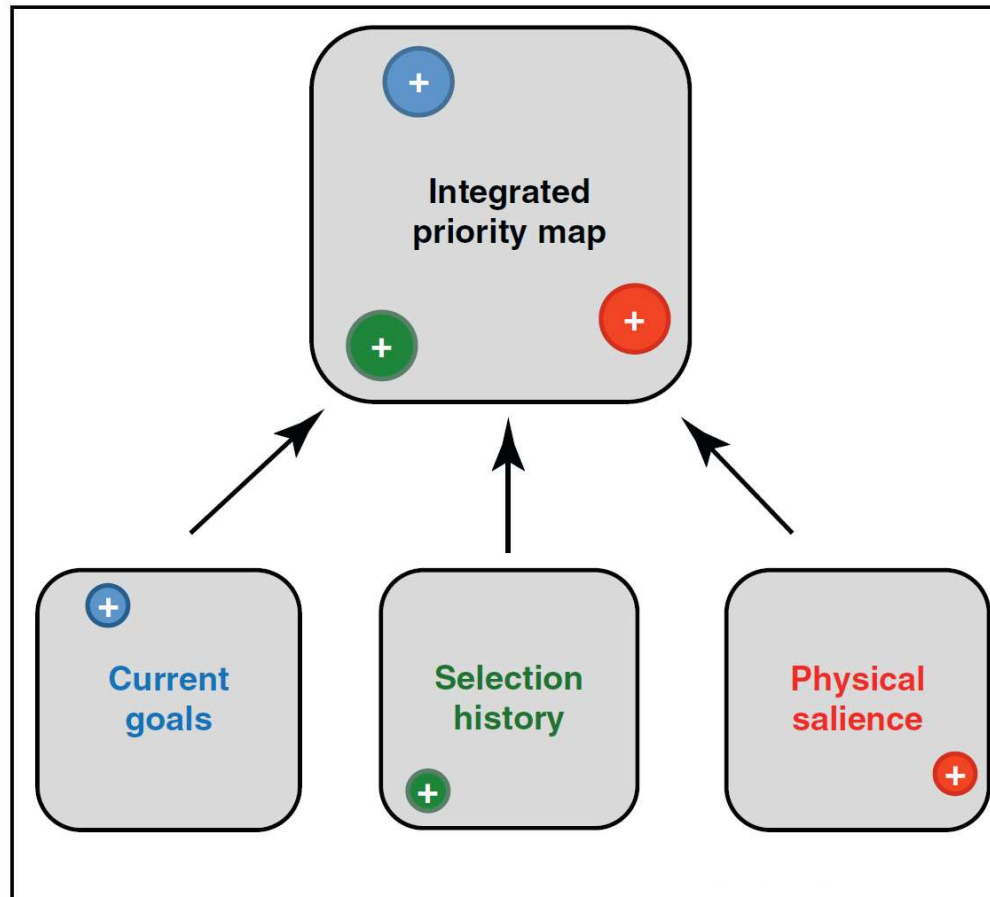


Részösszefoglalás 4. Figyelem és korai szenzoros feldolgozás

- „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)

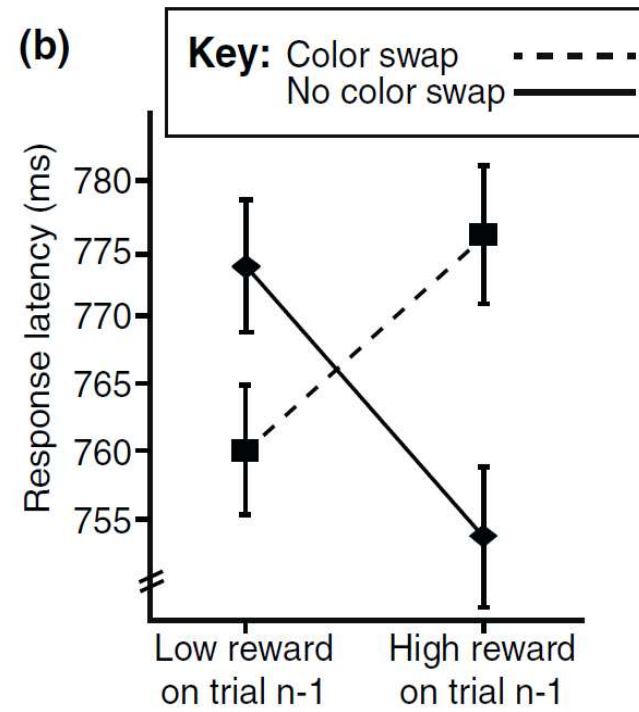
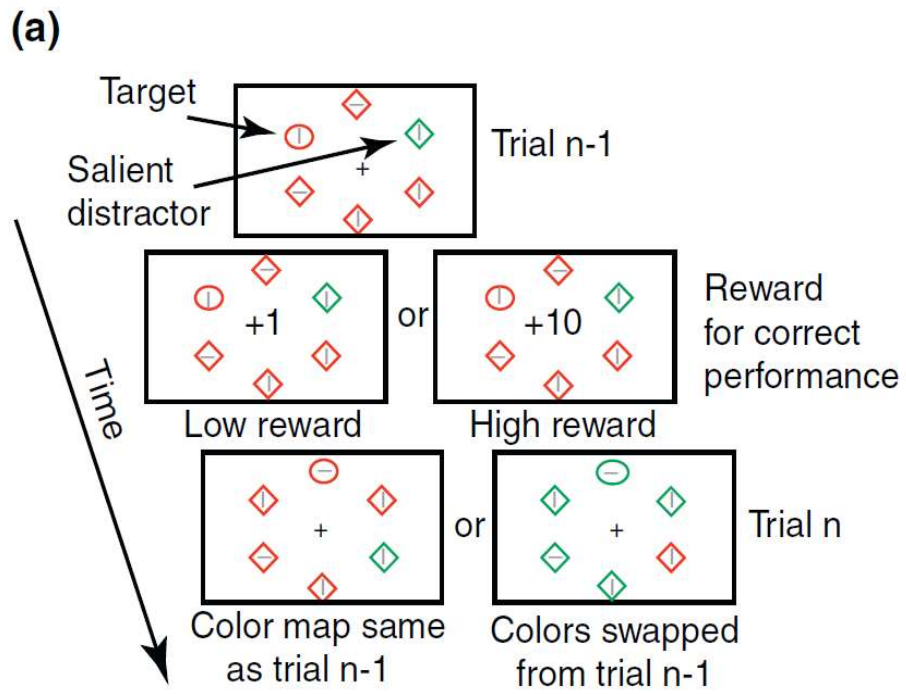
IV. Figyelem és emlékezet

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

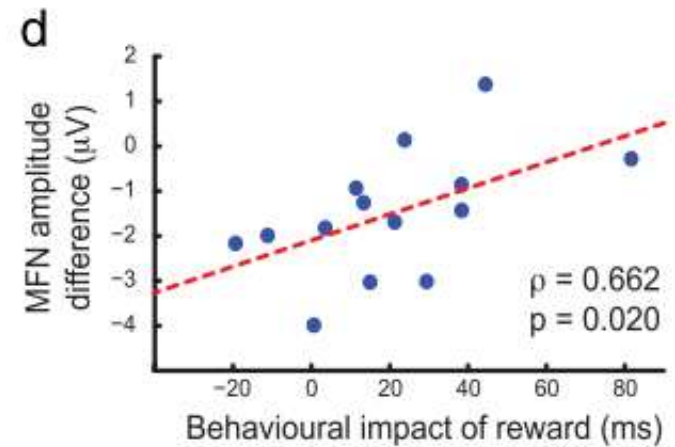
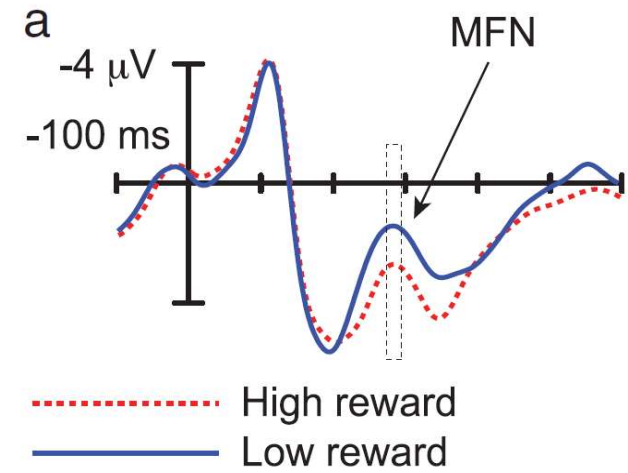
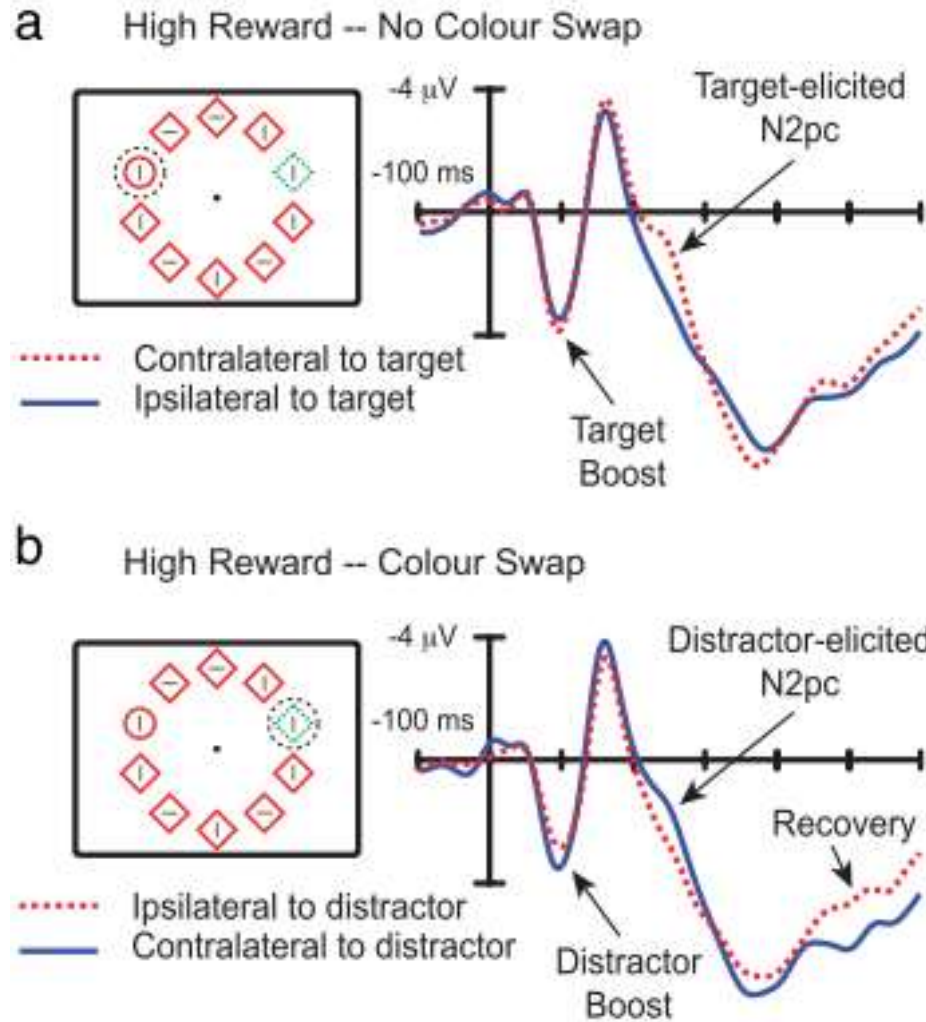


A figyelmi szelekciónál
használt
integrált prioritási térkép
forrásai:

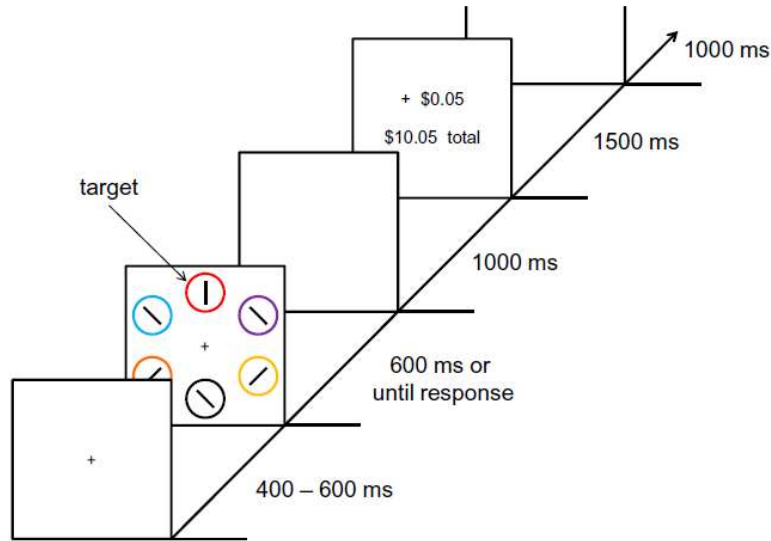
1. Jelen célok (top-down)
2. Az ingerek fizikai jelentősége (bottom-up)
3. **Az előző szelekciók emléknyma**



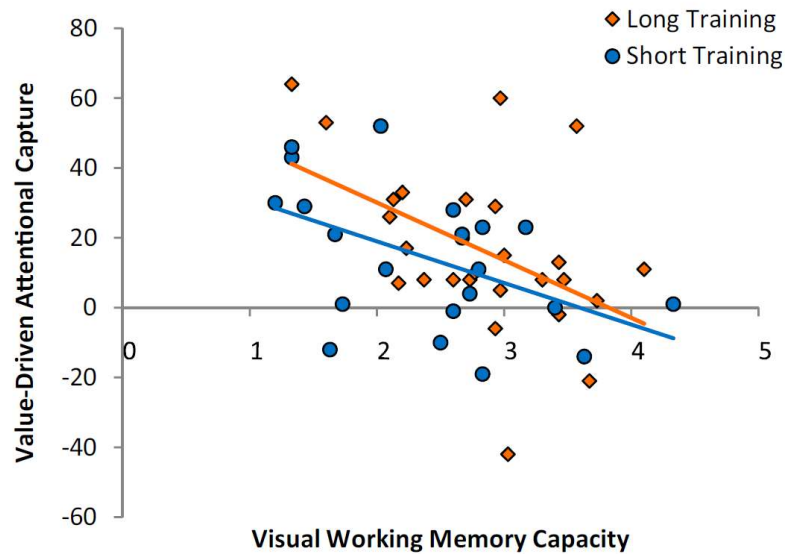
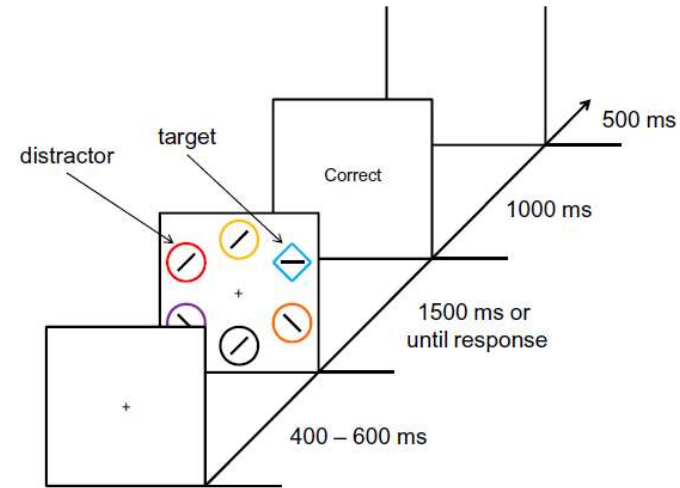
MFN – medial frontal negativity
(anterior cingulum)



Pénzjutalommal megerősített célingerdetekció (vonal orientációja a piros körben)



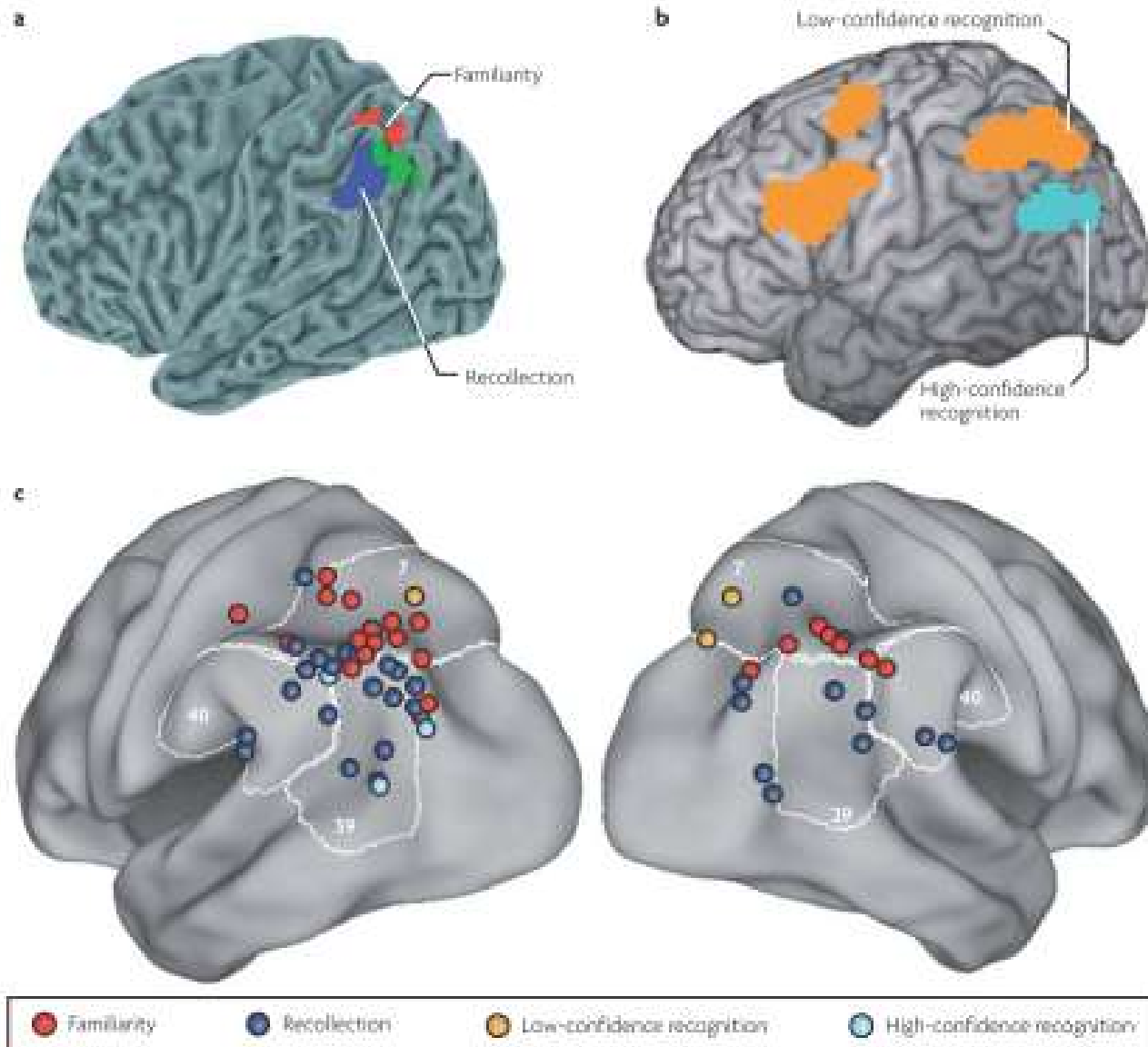
Egyszerű vonásdetekciós feladat (fizikailag kiugró célinger) ellenére lassú reagálás, ha az előző jutalmazott inger jelen van



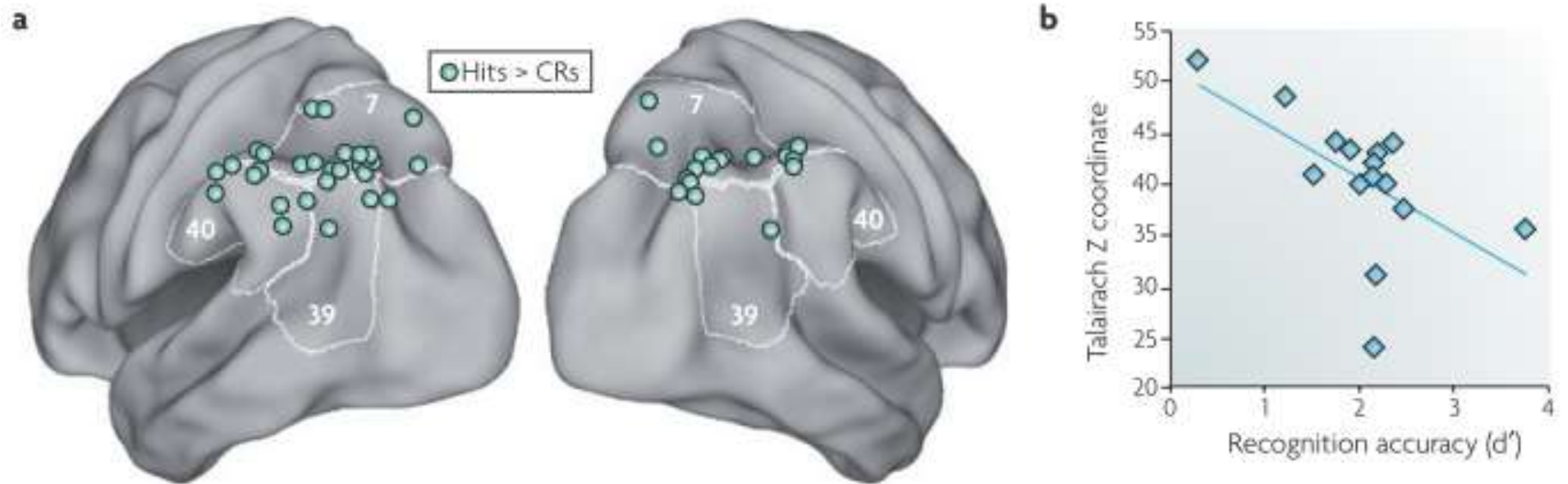
A vizuális munkamemória (executive figyelem) kompenzáló hatása

A vonás impulzivitás hatása ettől független és ellentétes irányú

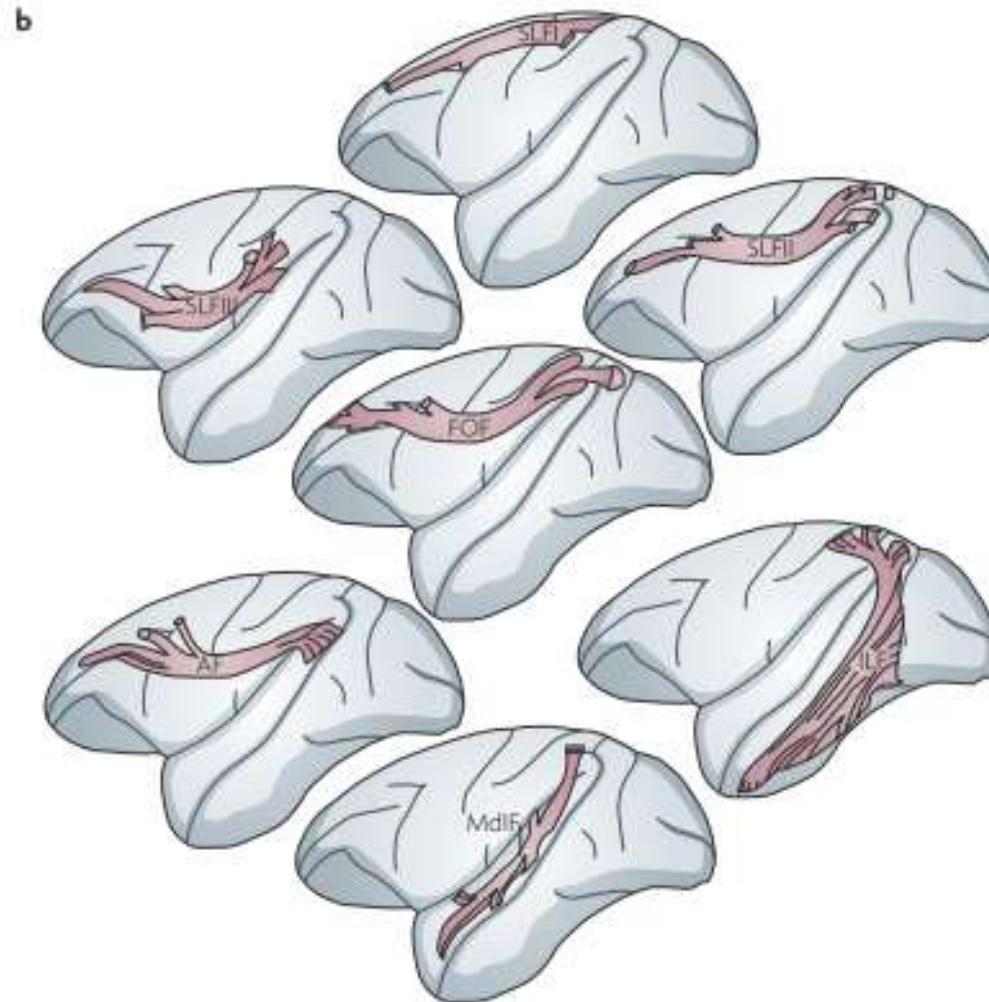
Figyelem az emlékezeti működésben



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



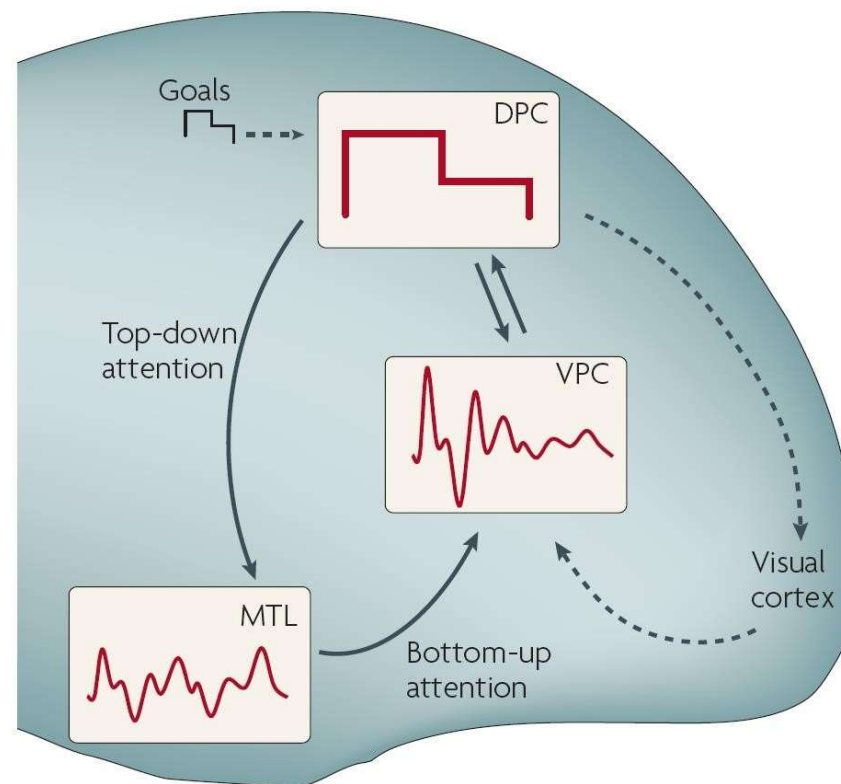
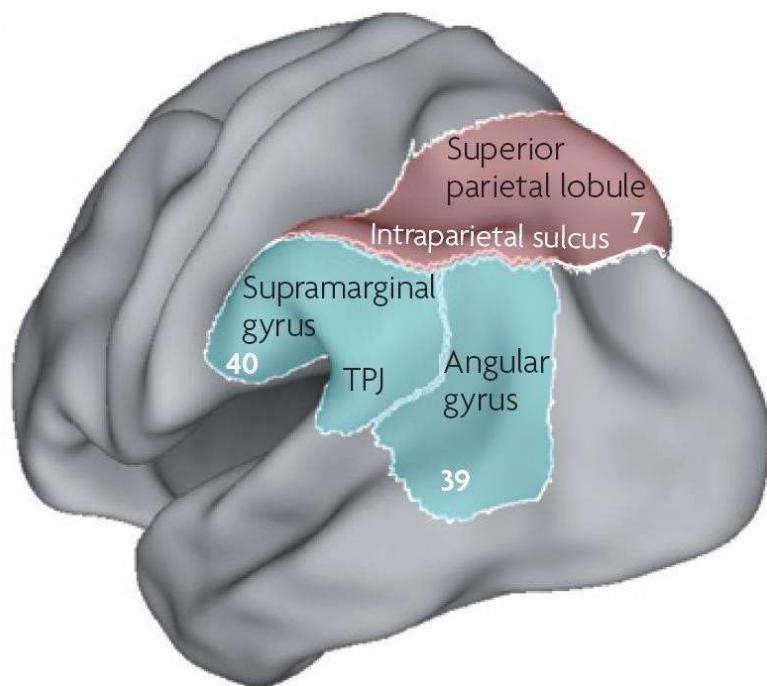
A posterior parietális kéreg közvetlen anatómiai kapcsolatai



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*)