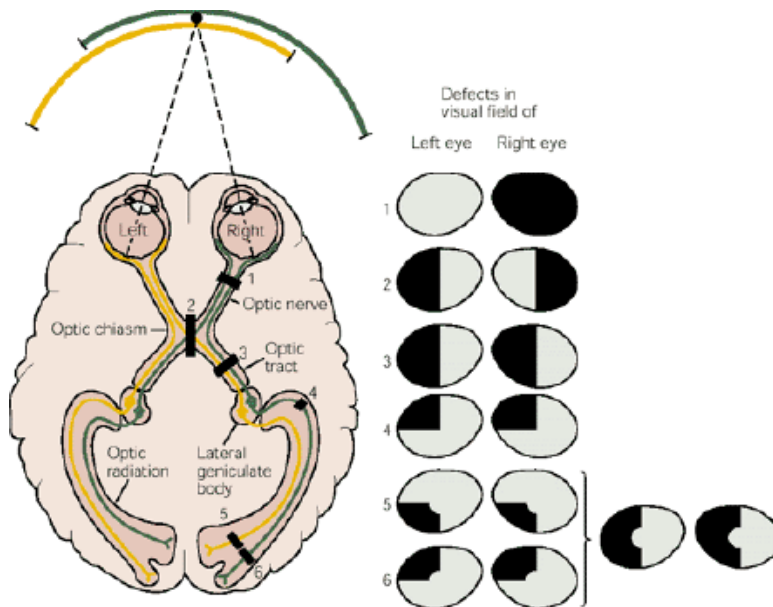


# Látás

Folytatása következik ...

# Léziók



1. Jobb nervus opticus – totál látásvesztés a jobb szemben
2. Chiasma opticum – bitemporális hemianopsia
3. Jobb tractus opticus – kontralaterális hemianopsia
4. Meyer-loop (rad.opt. ami a temporálisba megy) – felső kontralaterális kvadratikus anopsia
5. Sulcus calcarinus felső partja – másik oldal inferior kvadráns
6. Alsó part – superior kvadráns

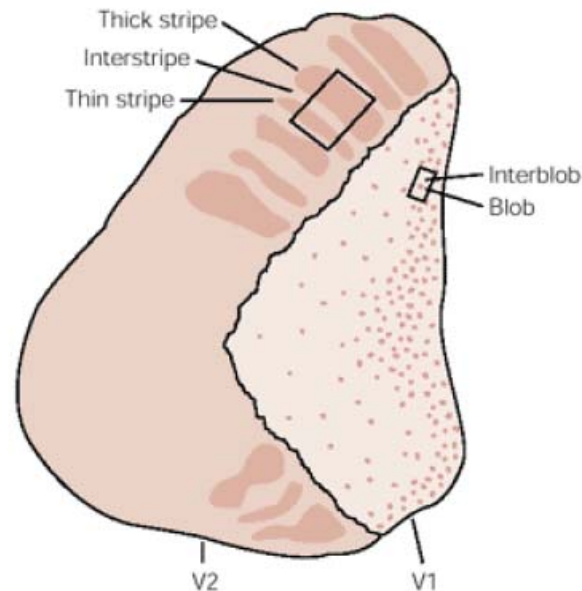
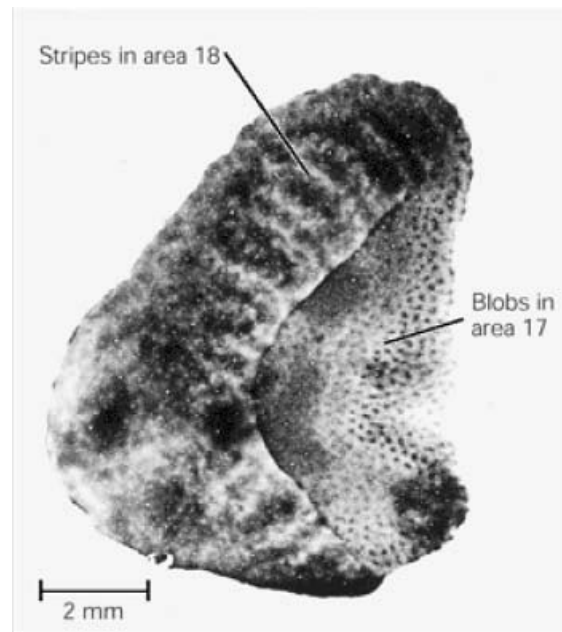
Mozgás, mélység, alak

# Eddig ... és most ...

- Retinától a V1-ig
- A már eddig megismert két pálya folytatása, állomásai, specificitásuk
- Kérdés tehát: hogyan tovább parvocelluláris és magnocelluláris pályák?

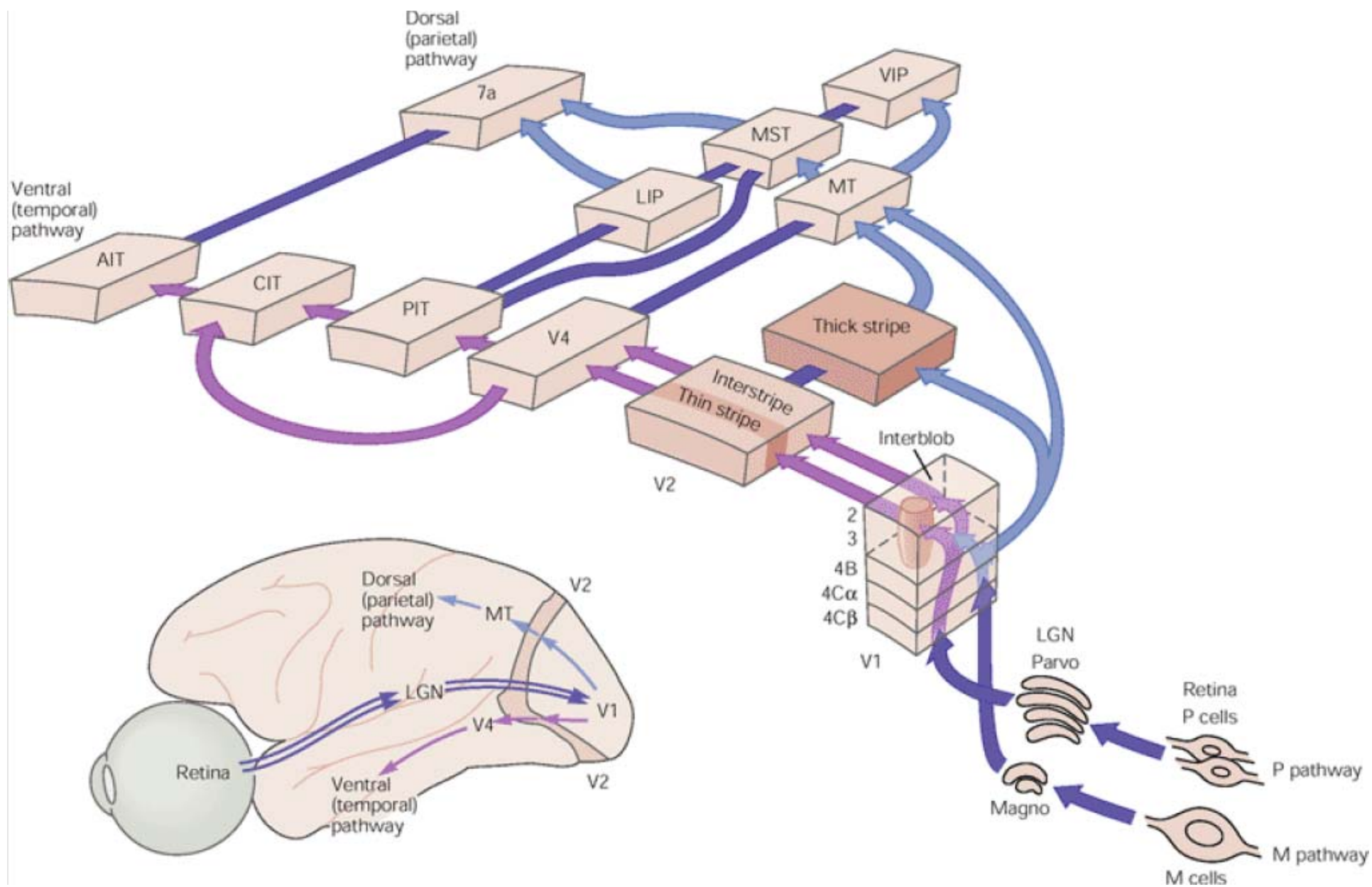
# A parallelitás folytatódik

- A buli már a V1-ben elkezdődik
- Mitokondriális citokróm-oxidáz → 0.2 mm átmérőjű, cölöpszerű, precíz és ismétlődő sötét mintázat (*blobok*, főként a 2. és 3. rétegben, emellett közbülső világosabb *interblobok* – analógiája: V2-ben vastag sávok és vékony köztes részek: *stripe-ok* és *interstripe-ok*)



# Kapcsolat V1 és V2 között

- Livingstone és Hubel
- P és M pályák további útja
  - Szegregáció megmarad
- M: CGL → V1(4C $\alpha$ ) → V1(4B) → MT(direkten),  
illetve V2 vastag stripe-okon keresztül MT → PP  
kéreg
- P: CGL → V1(4C $\beta$ ) → V1 blobok, interblobok  
→ rendre V2 vékony stripe, interstripe → V4 → IT
- És vizuálisan...



- Kérdés: ezek kizárólagosak?
- NEM
  - eleve a V1-ből indulnak (blobok), valamint a lokális neuronok erős kapcsolatot létesítenek a blobok és interblobok között; V2 stripe-ok között kapcsolat
- Azaz: az elkülönülés nem abszolút!!!!
- Ami tisztázatlan: intermixing vagy keresztező kapcsolatok, mely segítségével az egyik pálya módosítja a másik aktivitását



# P és M pályák szelektív inaktivációja

- Bármelyik blokkolása a V1 neuronok kevesebb, mint felére van hatással (ez is sugallja, hogy minden sejt kap mindkét pályából bemenetet)
- A blobokon belül és kívül lévő sejtek válaszait csupán az M pálya blokkolása módosítja
- CGL magnocelluláris rétegek blokkolása → MT sejtek válasza eltűnik, de más területek aktivitása is csökken
- CGL parvocelluláris rétegek blokkolása → sokkal kisebb hatás az MT-n
- DE: mindkét pálya blokkolása tükröződik a V4 aktivitásának csökkenésében
- Összességében: MT-be tartó dorzális rendszer főként M-ből, míg az IT-be tartó ventrális mindkettőből

# Összegzés

1. Számos vizuális területen keresztül húzódva speciális szeriális pályák léteznek
  - Rengeteg bizonyíték két fő pályarendszerre
    - Dorzális (PP kéreg) és ventrális (IT)
    - Más pályák is léteznek
2. Ezekben a kérgi pályákban a feldolgozás hierarchikus (oda és vissza projekciók, konkrét feladatok az egyes állomásokon)
3. Az anatómiai kapcsolatok és a celluláris aktivitásbeli különbségek miatt az egyes pályák állomásai eltérő feladatot látnak el

Mozgás

# Mi lehet mozgás?

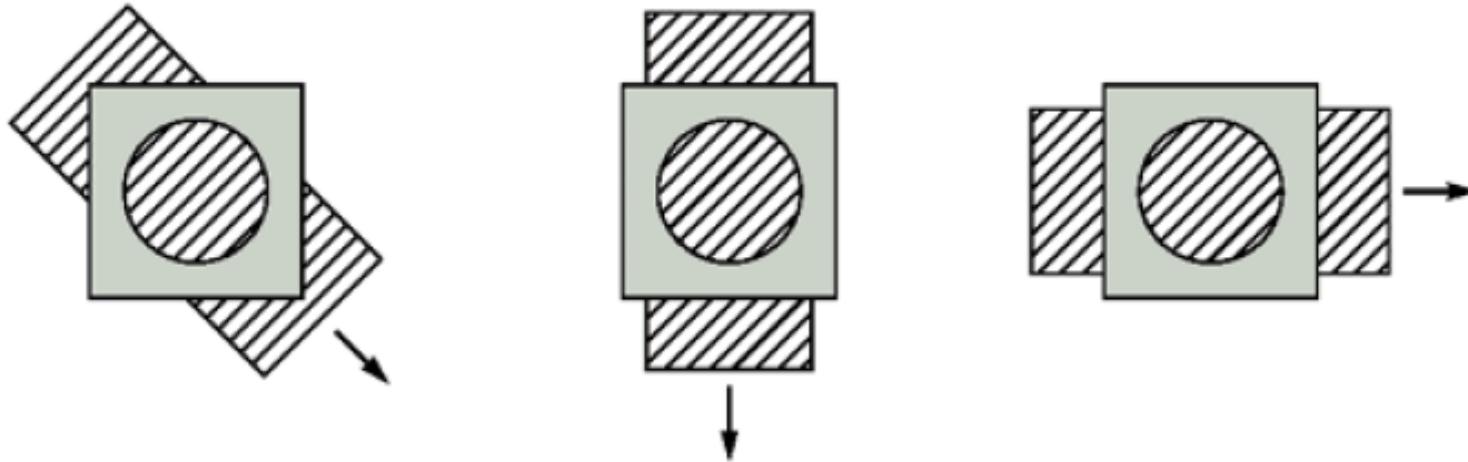
- Álló háttér előtti mozgó alakzat
  - Tehát a kép mozog a retinán
  - DE: ez lehet úgy is, hogy mi mozgatjuk a szemünket!  
→ a kép áll, de a szem mozog
- Fizikai oldalról: mozgás = különböző időpillanatokban az aktuális térbeli pozíció (illetve annak megváltozása)
- Tudjuk: a legtöbb sejt igen érzékeny a retinális pozícióra és jó az idői felbontása → képes mozgásinfót kivonni
- DE: mozgás és pozíció más pályákon jelölődik
  - Példa: látszólagos mozgás (apparent motion)

# A mozgás kérgi reprezentációja

- Majom: retina, CGL, V1 és magasabbrendű kérgi területek – erős válasz mozgó fénypontra
- V1: egy adott irányba mozgó (főként 4B réteg) /fontos! az irányselektivitás itt kezdődik!/
  - Retinotopikus, de a RM-je 10-szer akkora, mint a V1-beli sejteké
  - Azonos irányspecifitású sejtek – vertikális kolumnákba szerveződnek
  - Általában luminanciabeli kontrasztot detektálnak, ritkábban textúra vagy szín
- Humán: parietális, temporális és occipitális kéreg találkozásánál MST (globális mozgás is, pl. optikai áramlás)

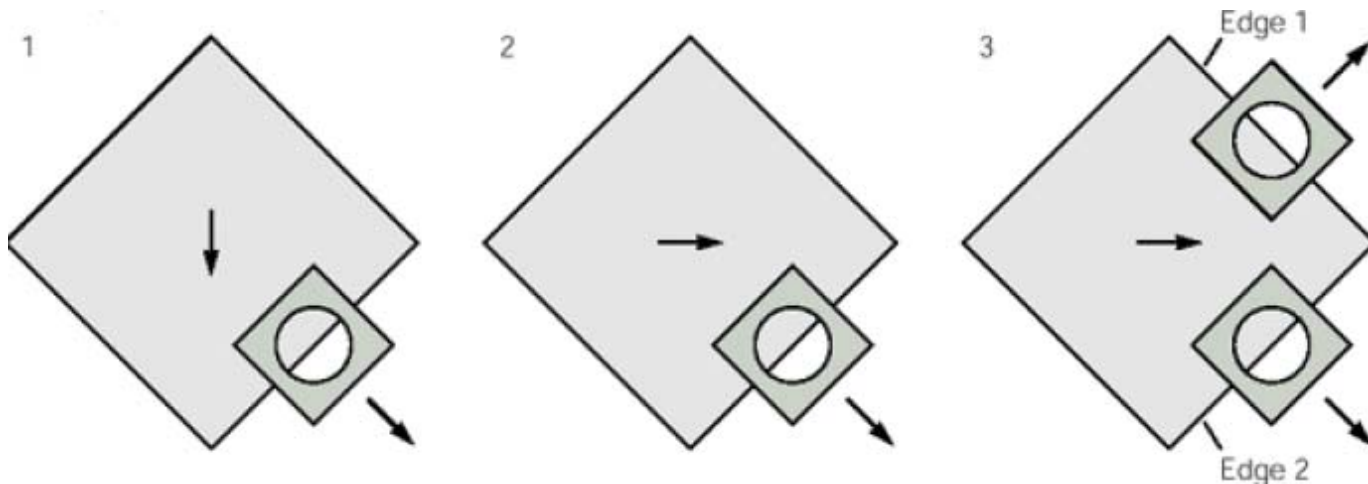
# Nyílás (aperture) probléma

- Komplex 2 illetve 3D-s mintázatok kétértelmű vagy illuzórikus észleléshez vezethetnek



# Megoldás

- Két külön állomáson vonnak ki mozgásinfót a sejtek
  - Kezdeti állomás: lokális elemek irányválasza
  - Magasabb szint: több lokális elem integrációja

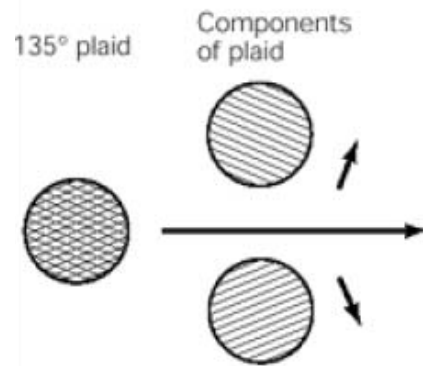
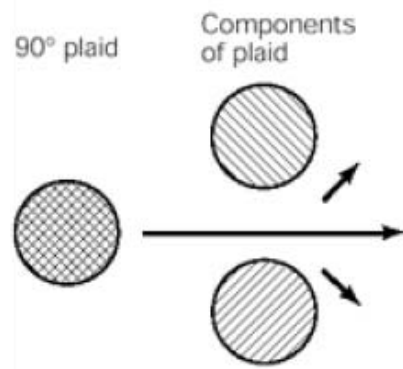


# Konklúzió

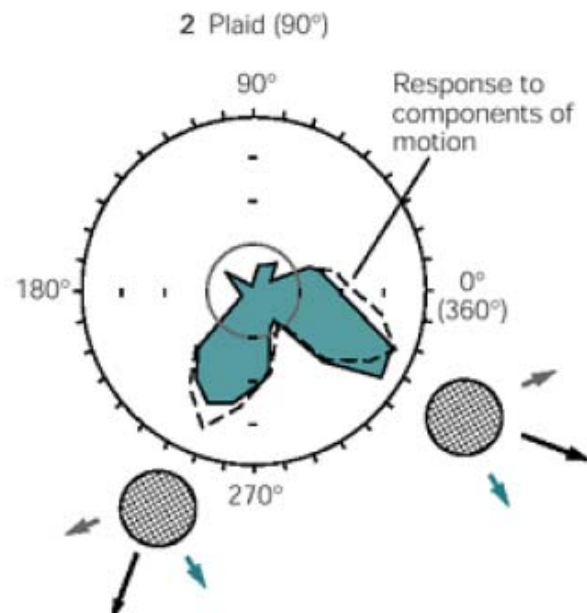
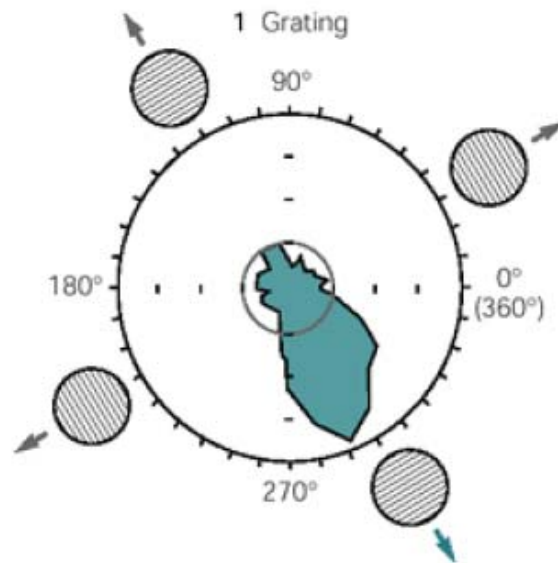
- A mozgásinfó a vizuális rendszer két állomásán dolgozódik fel
- Movshon: V1 és MT – mindkettőben adott irányra érzékeny sejtek
  - Komponens irányszelektív neuronok
  - Mintázat irányszelektív neuronok (kb. 20% MT sejtek)



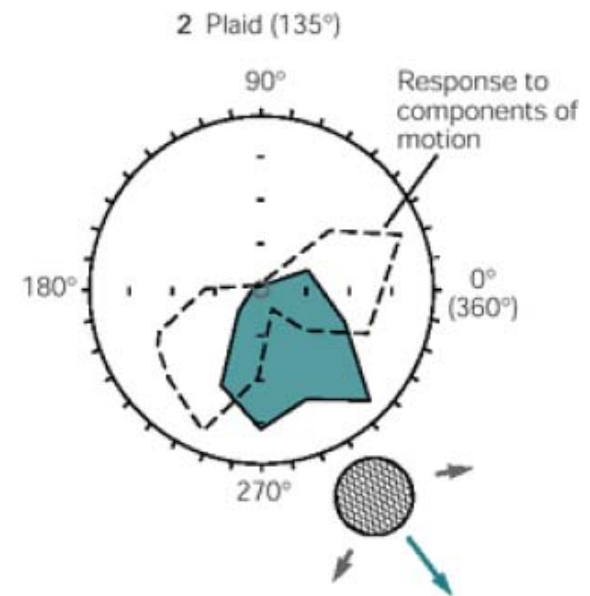
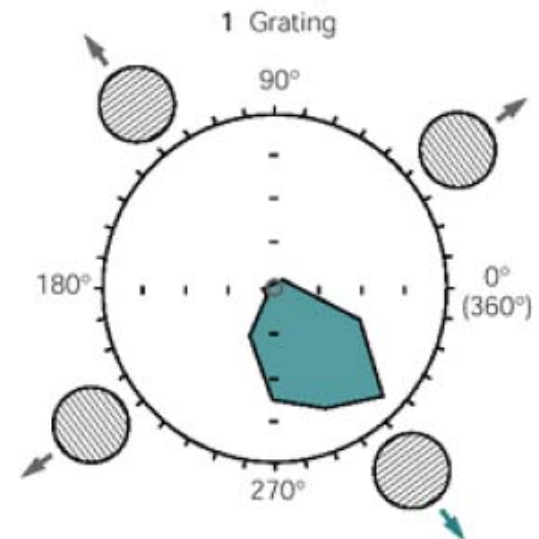
### A Components of stimulus



### B Direction sensitivity in V1

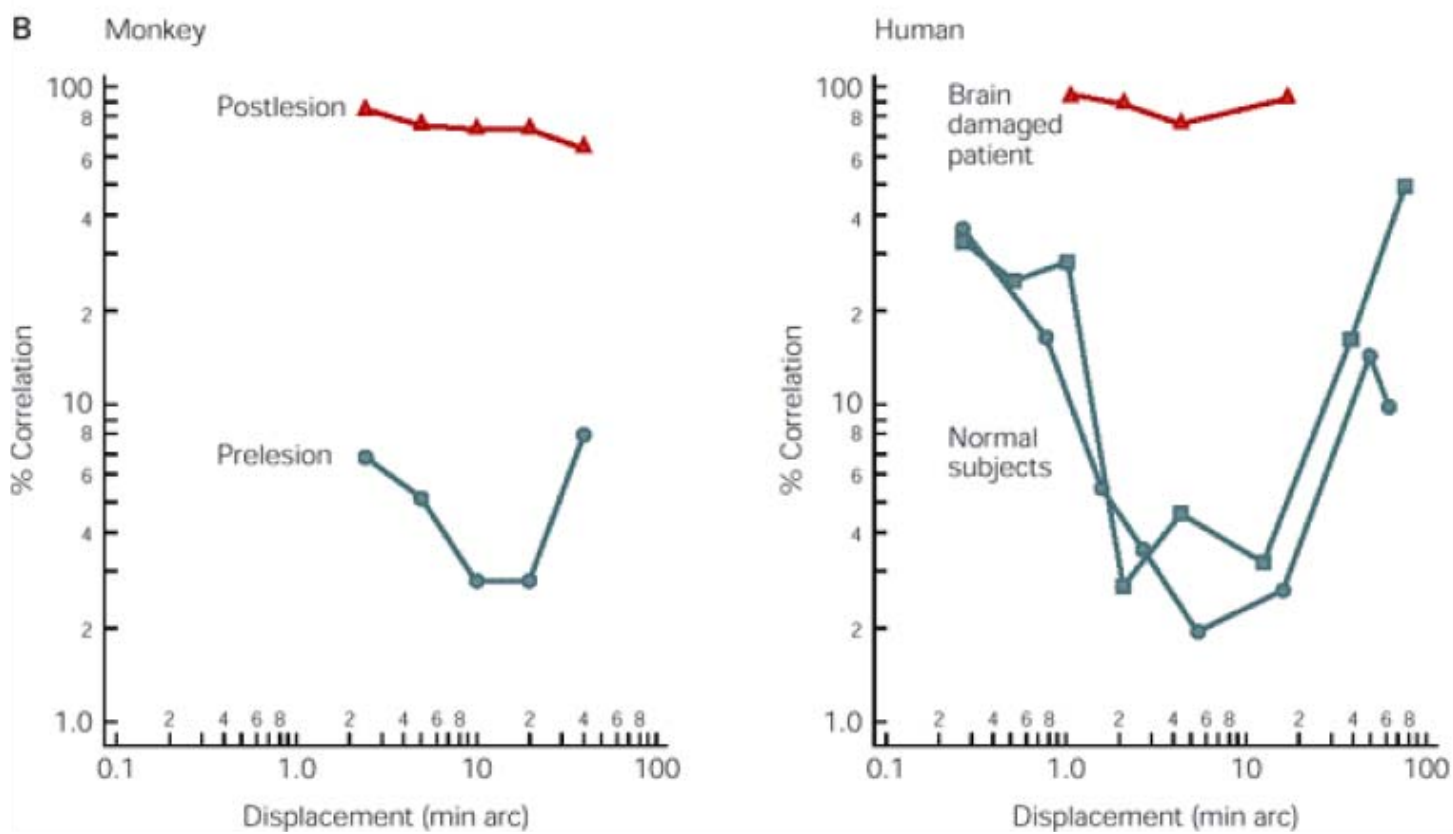
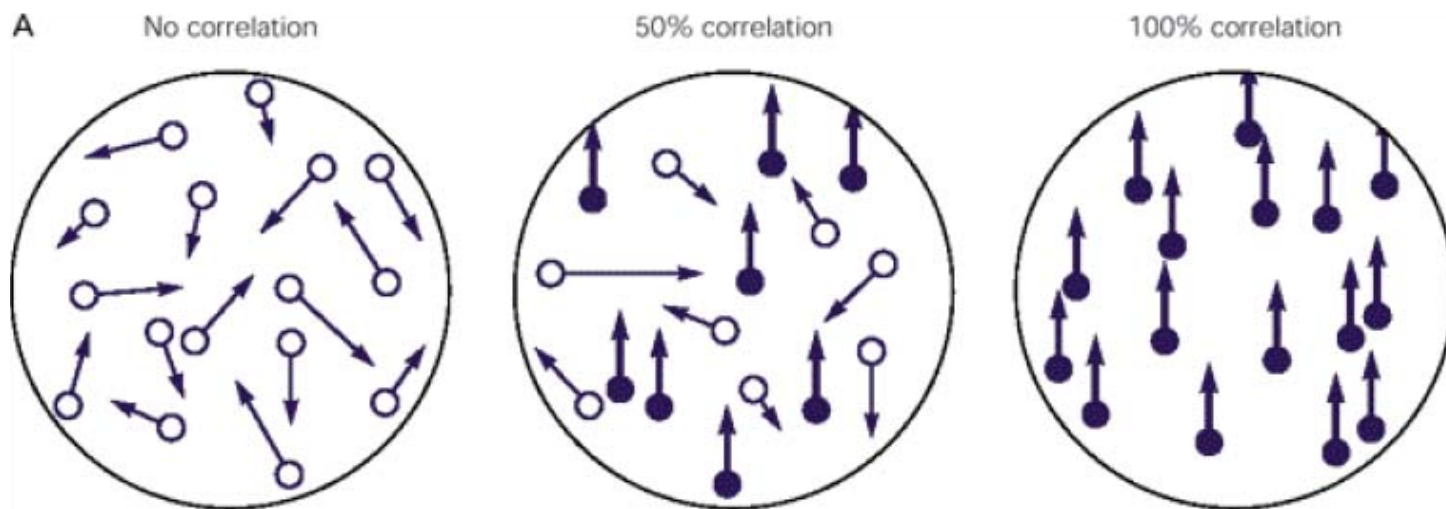


### C Direction sensitivity in MT



# Léziós és mikrostimulációs adatok

- Követő szemmozgás vizsgálata
  - Majmok
    - MT különböző területeinek kémiai léziója → a mozgó tárgy sebességének megbecslése leromlik azon a látómezőn, mely a sérült MT területéhez tartozik, ám a többi területen a tárgy követése nem sérül → MT a vizuális inger mozgására szelektív, a lézió vakfoltot vagy szkotómát eredményez a mozgásra
  - Humán: képtelen a mozgó tárgy követésére, ha az a sérült oldal irányába mozdul
    - Hasonló eredmények majom MST sérülésekor
- Koherensen mozgó pontmintázat mozgásirányának detektálása
  - MT sérült majmok csak közel 100% koherenciánál teljesítenek jól
  - Fontos: GYORS FELÉPÜLÉS!!!



# Tüzelés versus teljesítmény

- Newsome és Movshon
- MT irány szelektív sejtek aktivitása
- Ingerek: lásd előbb
- Kapták: a tüzelési mintázat erős korrelációt mutatott a teljesítménnyel
- Newsome: egy adott irányra érzékeny MT kolumna ingerlése → döntés eltolódása efelé a mozgásirány felé

Mélység

# A nagy kérdés

- Hogy lesz 2D-ből 3D?
- Hogyan jutunk hozzá?
- Távolságot hogyan számítunk ki?
- Relatív mélység megbecslése?

# Két lehetőség

- Egy szemmel
  - monokuláris
- Két szemmel
  - binokuláris

# Monokuláris

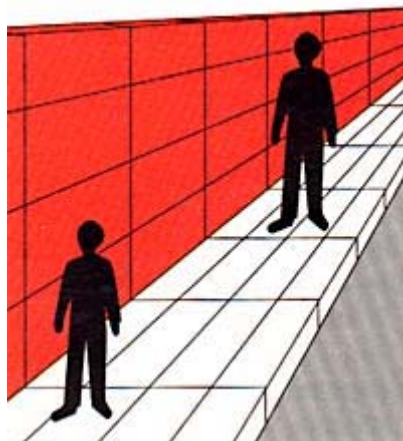
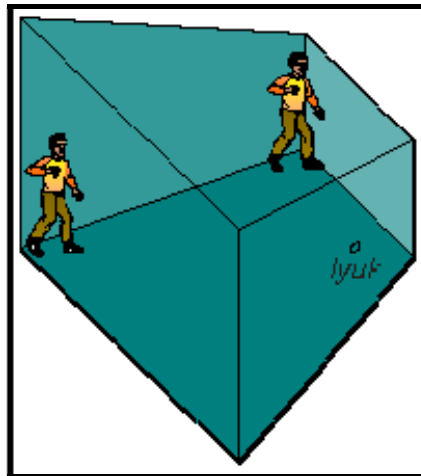
- Monokuláris jelzőmozzanatok
  - Ismerős méret
  - Takarás
  - Lineáris perspektíva
  - Méretperspektíva
  - Árnyékolás, megvilágítás
  - Mozgásparallaxis



# Statikus jelzőmozzanatok



Takarás



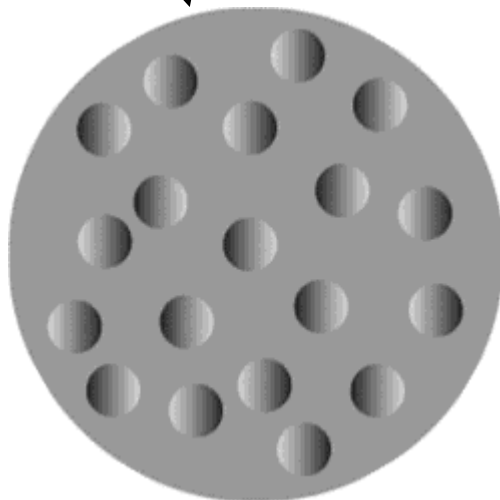
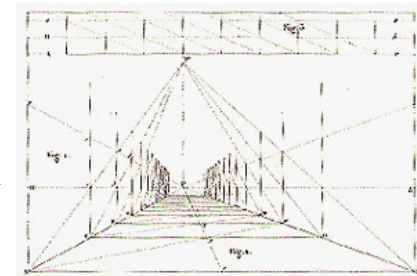
Méret



Perspektíva

# A perspektíva típusai

- Lineáris perspektíva
- Textúragrádiens
- Levegő perspektíva
- Árnyékolás



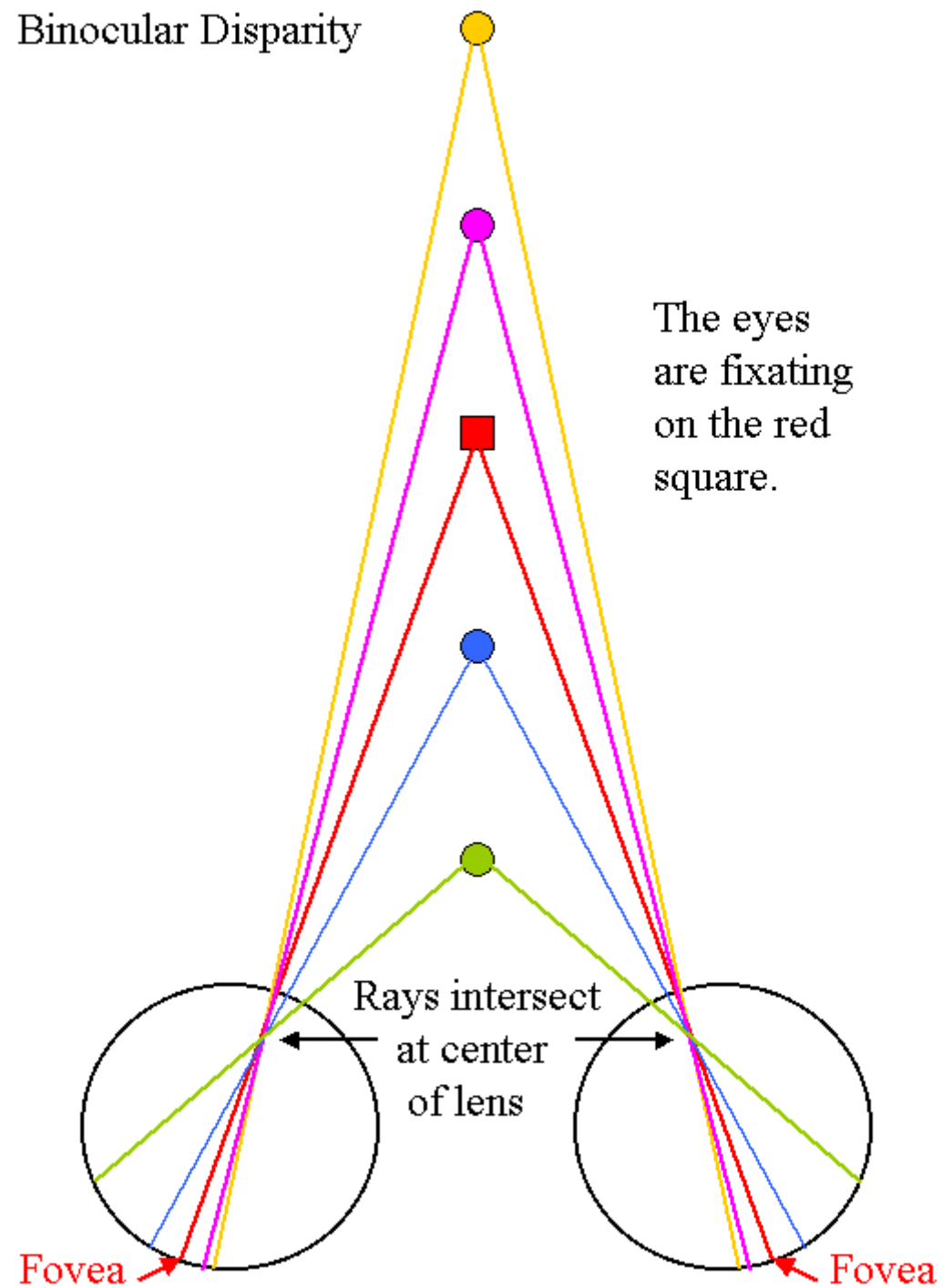
# Mozgásparallaxis



# Binokularitás

- Két szem – nem egészen ugyanaz a kép
- Adódik: különböző helyen látható kép más retinarészre képeződik le
- Főbb fogalmak
  - Fixációs pont – foveára képeződik
  - Fixációs sík
  - Leképeződés (lásd ábra)

## Binocular Disparity



# Mi is a binokuláris diszparitás?

- Ez maga a pozíciók közötti KÜLÖNBSÉG
- Függ tehát: a fixációs síktól való távolságtól

# Wheatstone, 1838

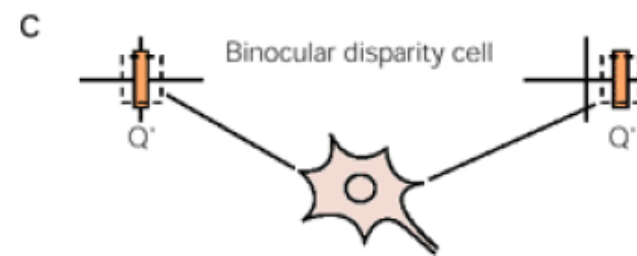
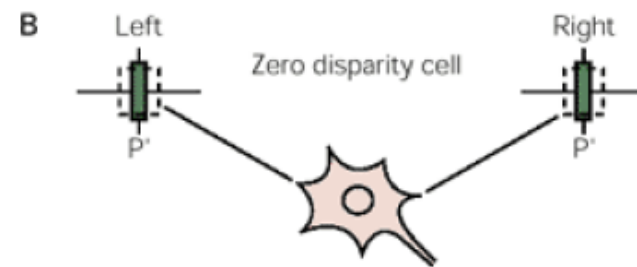
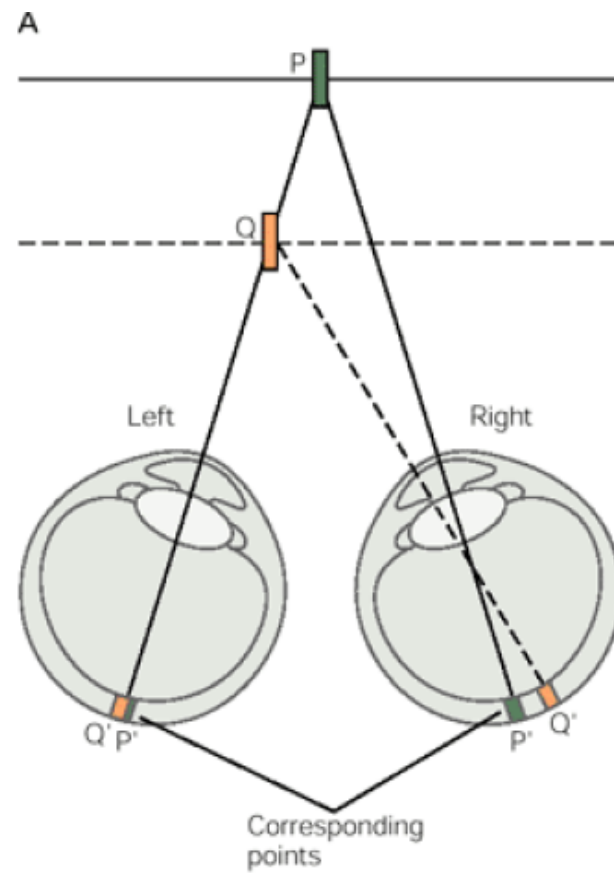
- Sztereoszkóp



# Kérgi feldolgozás

- Cél: valahogy kiszámítani a különbséget
- Első állomása: V1 (1968: Barlow, Blakemore, Bishop, Pettigrew) – olyan neuron, mely jobban tüzel, ha a fixáció előtt vagy mögött jelent meg (tehát van diszparitás)





# Azért máshol is ...

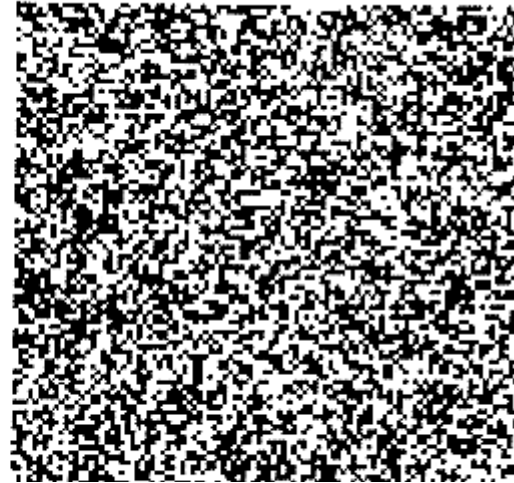
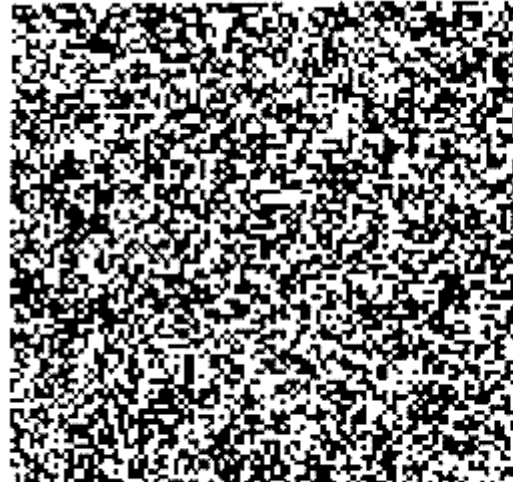
- Ahol még: V2, V3, MT, MST
  - MT: egy speciális távolságra lévő ingerre reagálnak leginkább
  - MST: diszparitás + mozgásirány kombinációjára reagál

# Sztereopszis = tárgylátás????

- Vagyis korai vagy kései? Megelőzi a tárgylátást?
- Julesz Béla: IGEN!!!
  - RDS (randompont sztereogram)



# Random dot stereogram



|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | Y | A | A | B | B | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | X | B | A | B | A | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | X | A | A | B | A | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | Y | B | B | A | B | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | A | A | B | B | X | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | B | A | B | A | Y | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | A | A | B | A | Y | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | B | B | A | B | X | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

- Az egyetlen kulcs, ami a sztereopszishoz kell: a retinális diszparitás
- Sztereoszkóppal nézve a középső, „eltolt” mintázat kiemelkedik – 3D

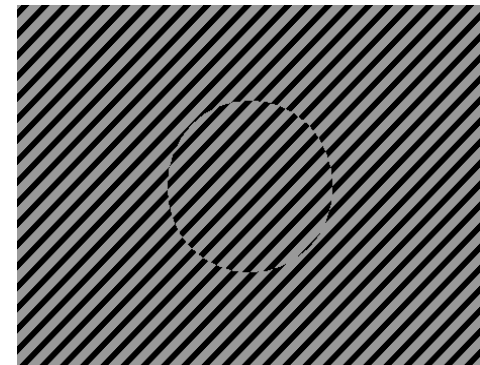
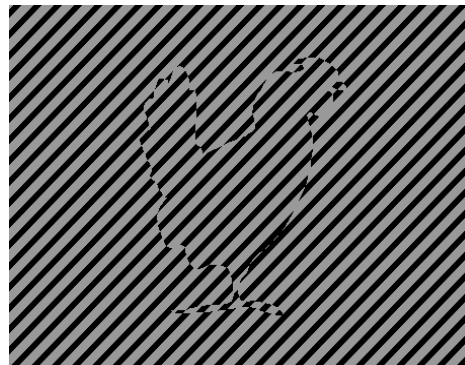
Tárgylátás

# Ventrális pálya

- $V1 \rightarrow V2 \rightarrow V4 \rightarrow IT$
- Amit már tudunk
  - V2 stripe-ok (vastag, vékony) és interstripe-ok
  - Vékonyak: V4-be
  - Ventrális pálya fő feladata: alak és formaészlelés, színészlelés

# V2 sejtek

- Orientációra érzékenyek, akár a V1 sejtek
- Emellett: szín, horizontális diszparitás, kontúr
  - Speciálisan: illuzórikus kontúrok (pl. Kanizsa)
    - Valóban????





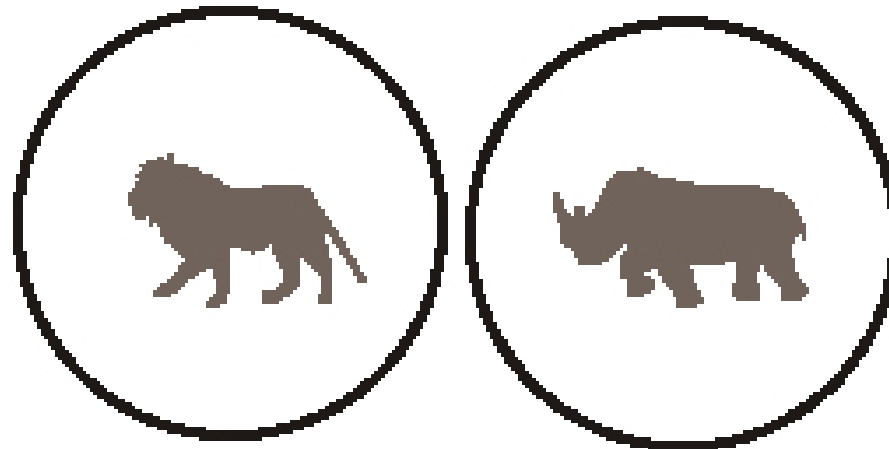
# V4

- Elsődleges funkciójuk: színészlelés (következő óra)
- Orientáció
- Finomabb szemcsézettségű ingereket preferálják
- Ez már a szín és a forma kombinációja
- Sértése majmoknál: mintázat és alak-diszkrimináció romlik, emellett a szíkonstancia is
- Achromatopsia

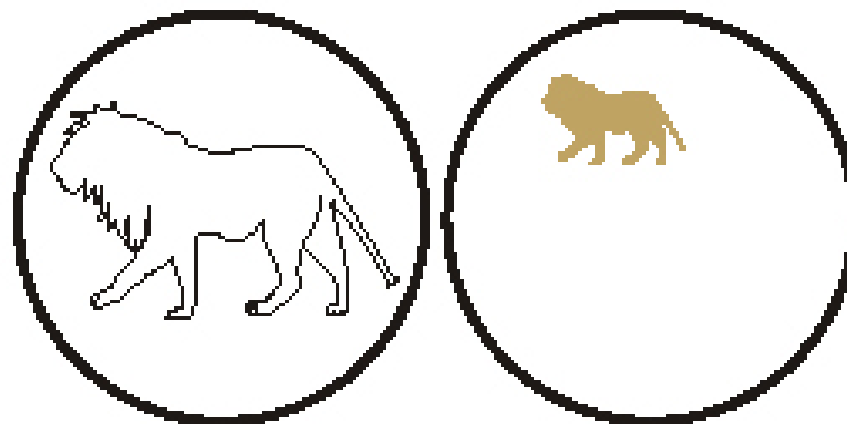
# IT

- Alakfelismerés kérgi reprezentációja
- RM: nagyon nagy, gyakorlatilag lefedi az egész foveát
- NEM RETINOTOPIKUS!!!!!!!!!!!!!!
- Pozíció-invariancia jellemzi
- Legfontosabb input: V4-ből
- Alakra és színre IS érzékeny
- Komplex vizuális ingerek

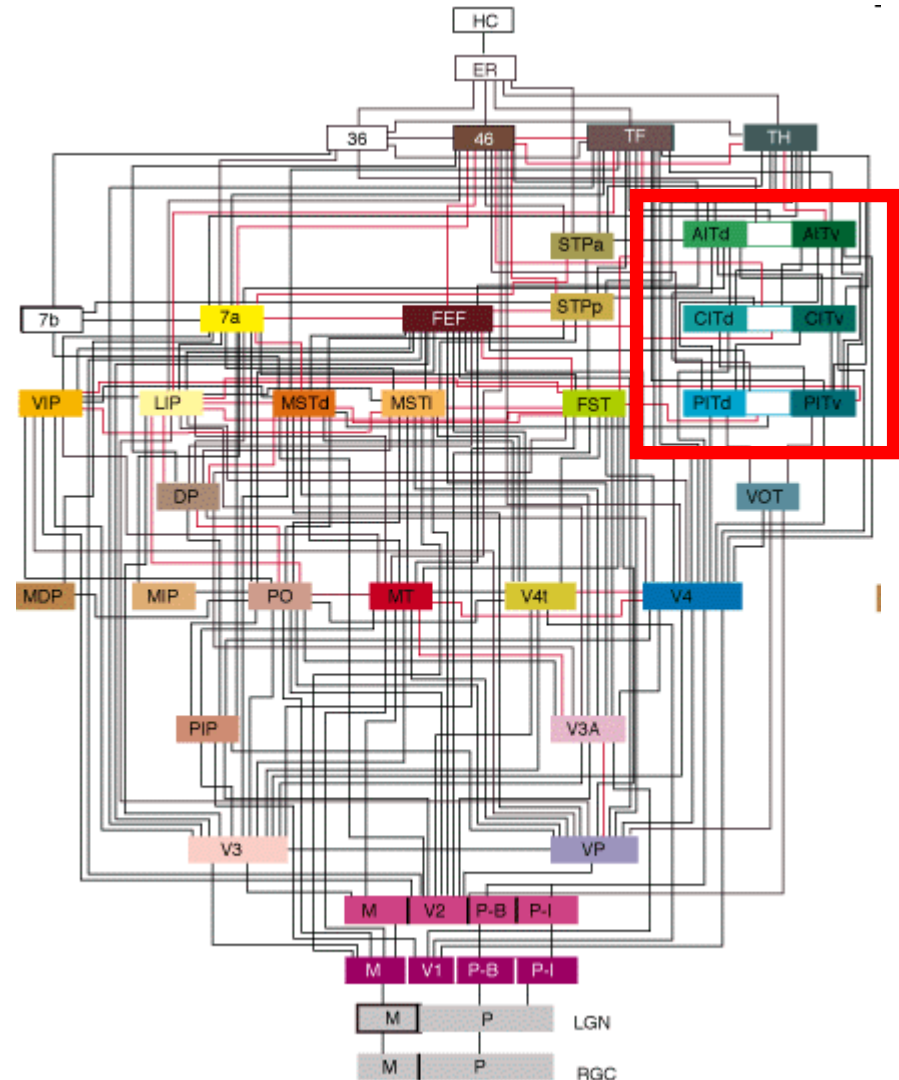
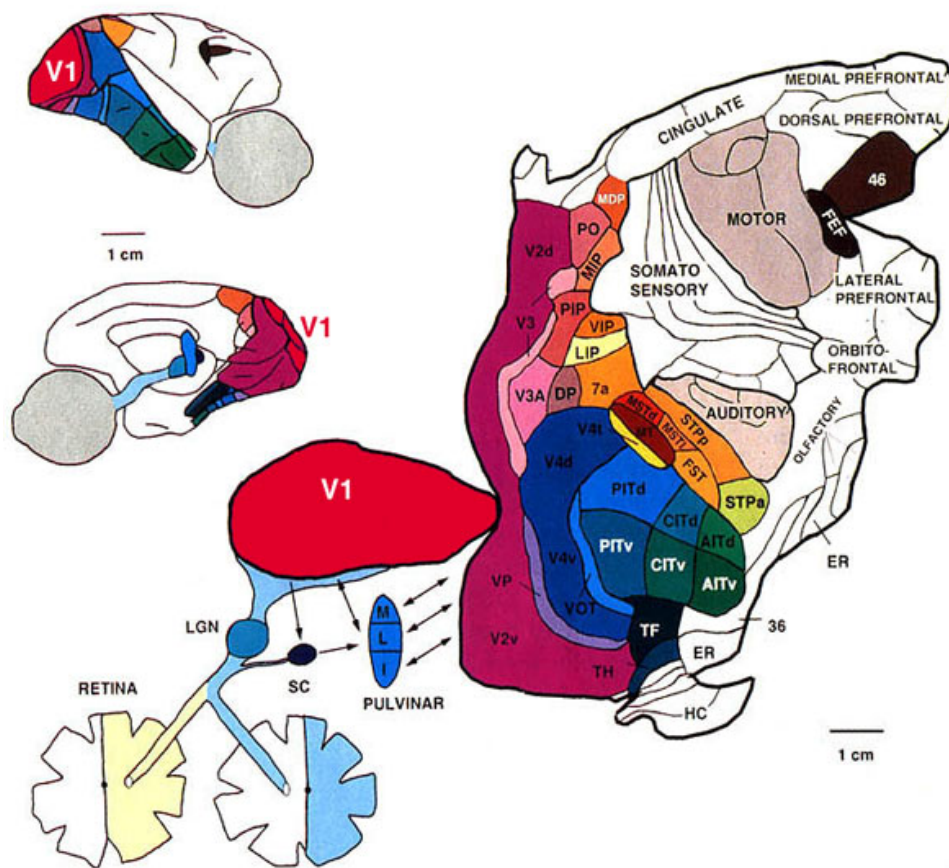
Summary: Some images look somewhat similar but represent different things. These fire many of the same cells in V1 but different cells in IT.



Other images look very different but are the same thing. These fire very different cells in V1 but the same cells in IT.



# Az inferotemporalis kéreg

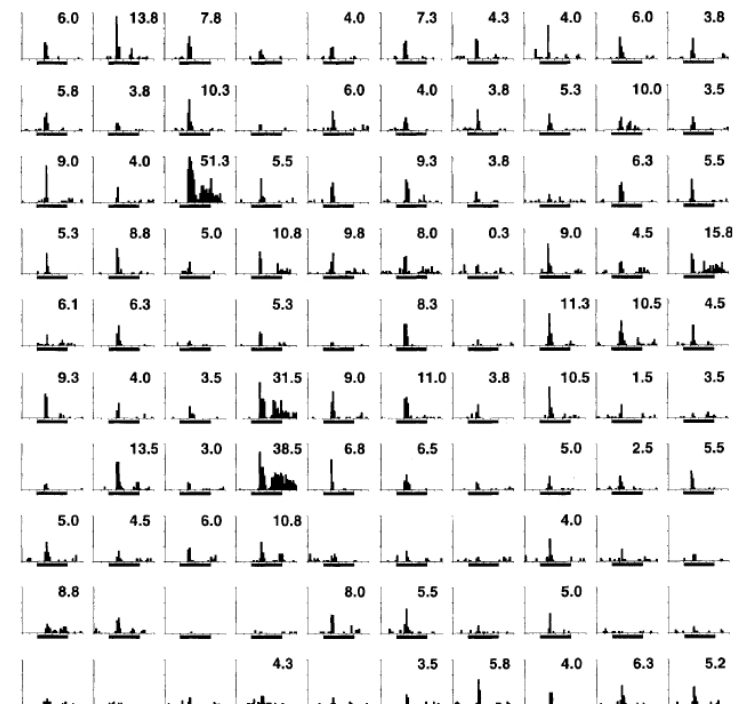
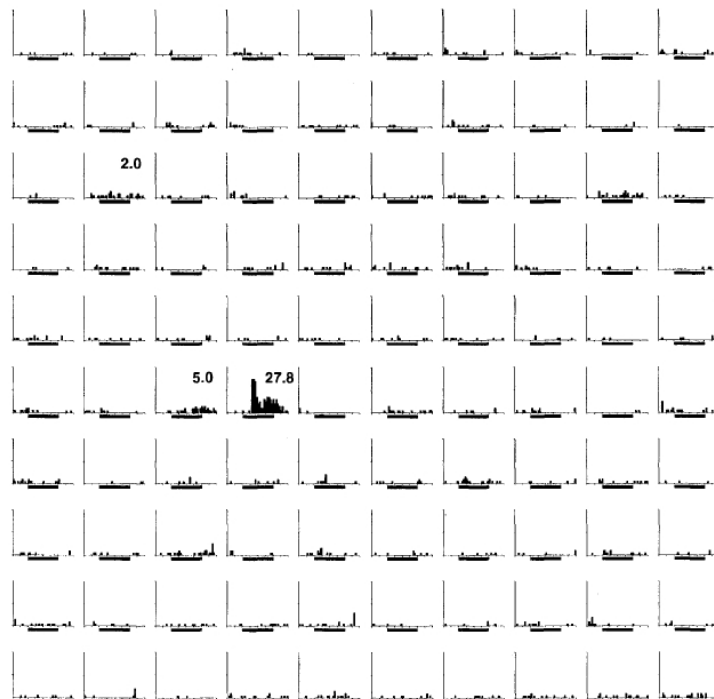


Az IT neuronok  
komplex ábrákra  
reagálnak a  
legjobban

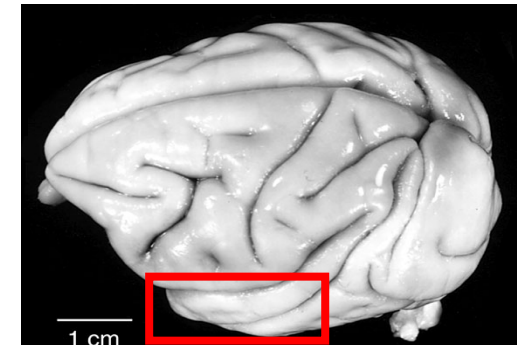
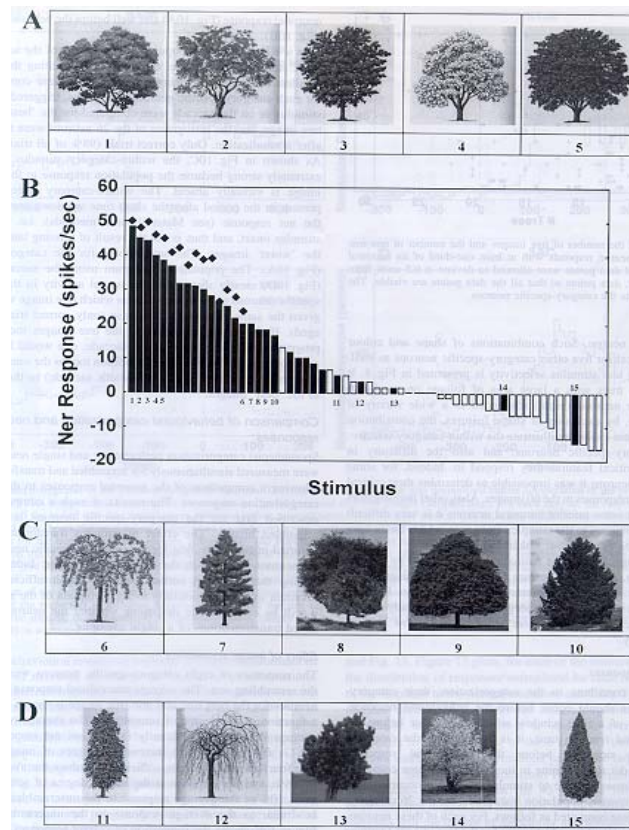
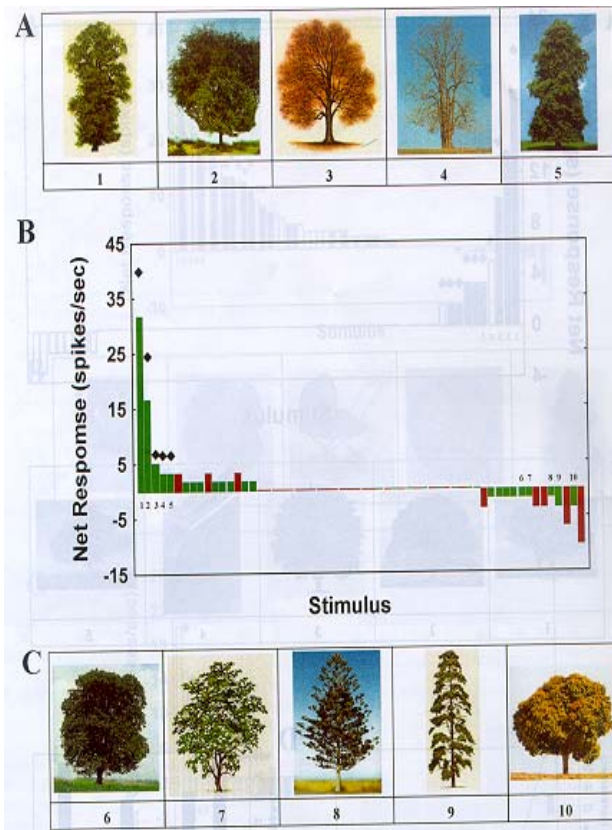
Szelektivitás.



Tamura and Tanaka, 2001



# Kategorizáció a majom agyában- IT



Cca.10 %

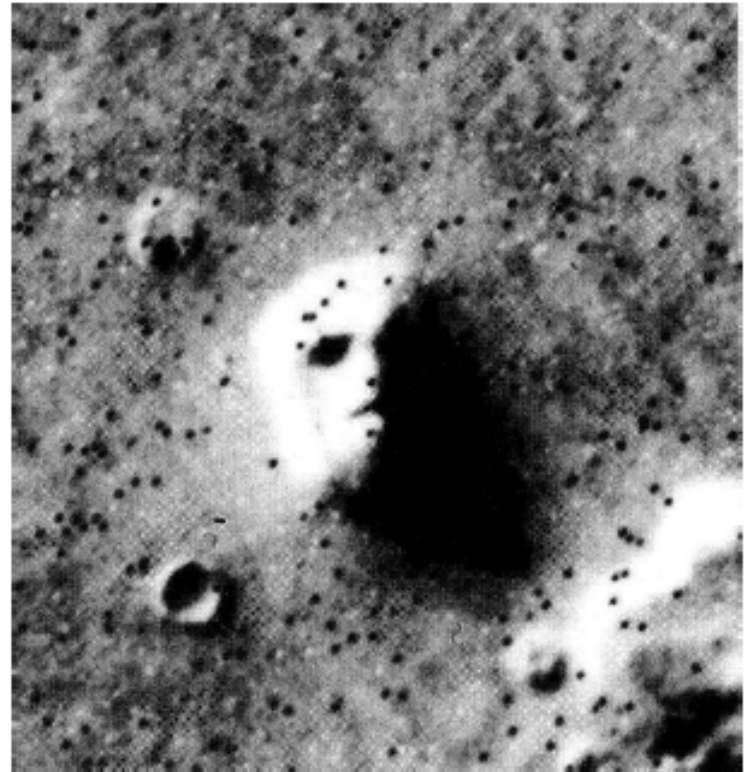
# A legkomplexebb vizsgált inger

- Emberi arcok
- Kategorizációs szempontból is fontos és érdekes!



# Miért fontosak az arcok?

- Személy azonosítás
- Érzelem felismerés
  - Mit gondol a másik?
- Más információk
  - Hova figyel?
  - Mennyire vonzó?
  - Kor
  - Nem
  - Szájról olvasás





# Az arcfelismerés...

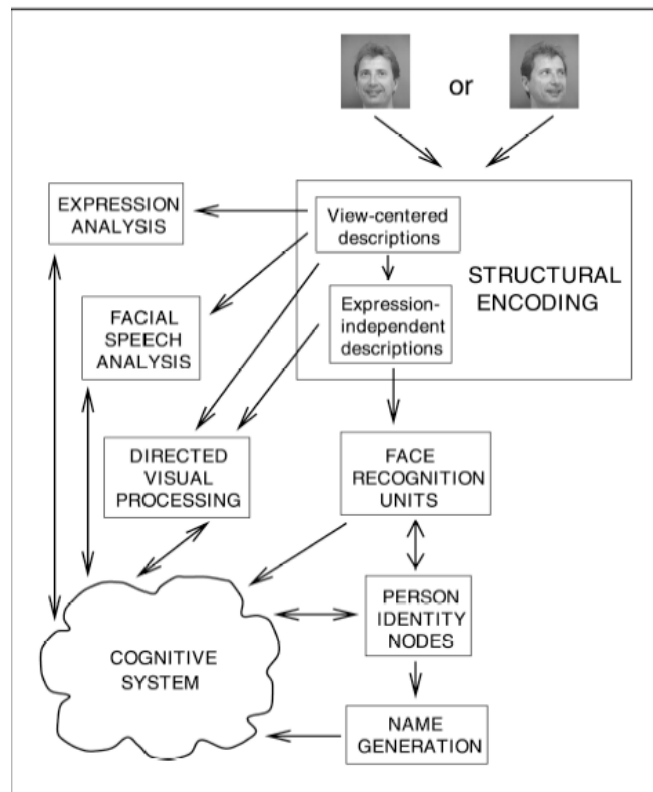
- Ott folyik ahol a tárgyfelismerés v. elkülönül?
- Öröklött v tanult?
- Speciális v. nem? És ha igen, mennyire?

# Elméletek és modellek az arcfelismeréssel kapcsolatban I.

- Általános elképzelés
  - a feldolgozásnak 3 szintje van – a kezdeti szinten csak az egyes vonásokat detektáljuk (pl. élek), a középső szinten dolgozzuk fel az olyan információkat, mint a nem, a kor, az arckifejezés stb. és a legmagasabb szinten jutunk el az azonosításig

# Elméletek és modellek az arcfelismeréssel kapcsolatban II.

- Bruce és Young modellje



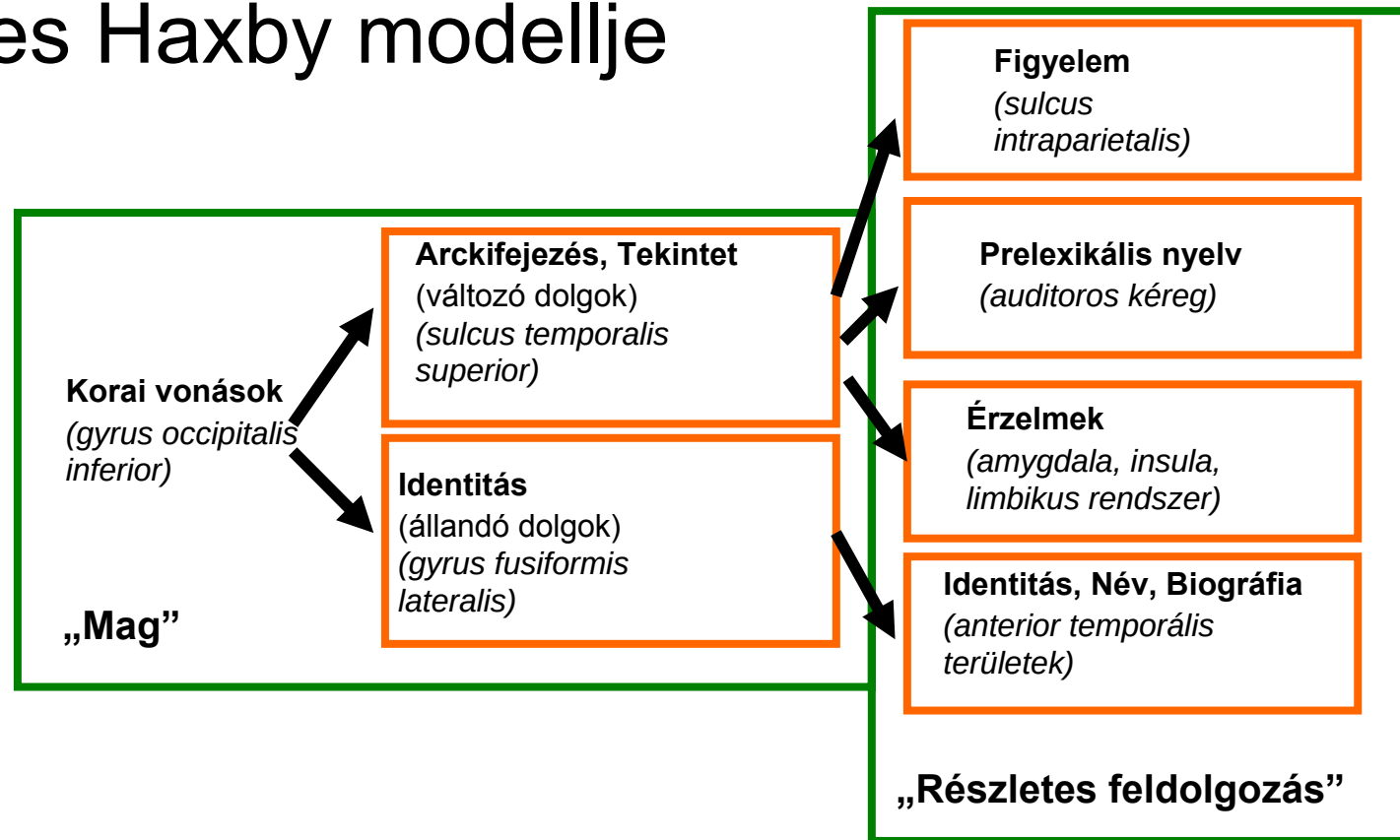
Fő állomásai:

1. Perceptuális
2. A tárolt vizuális információ visszakeresése
3. Megnevezés

Elve: az ingereket olyan formába transzformálja, melyek kognitíve hasznosak.

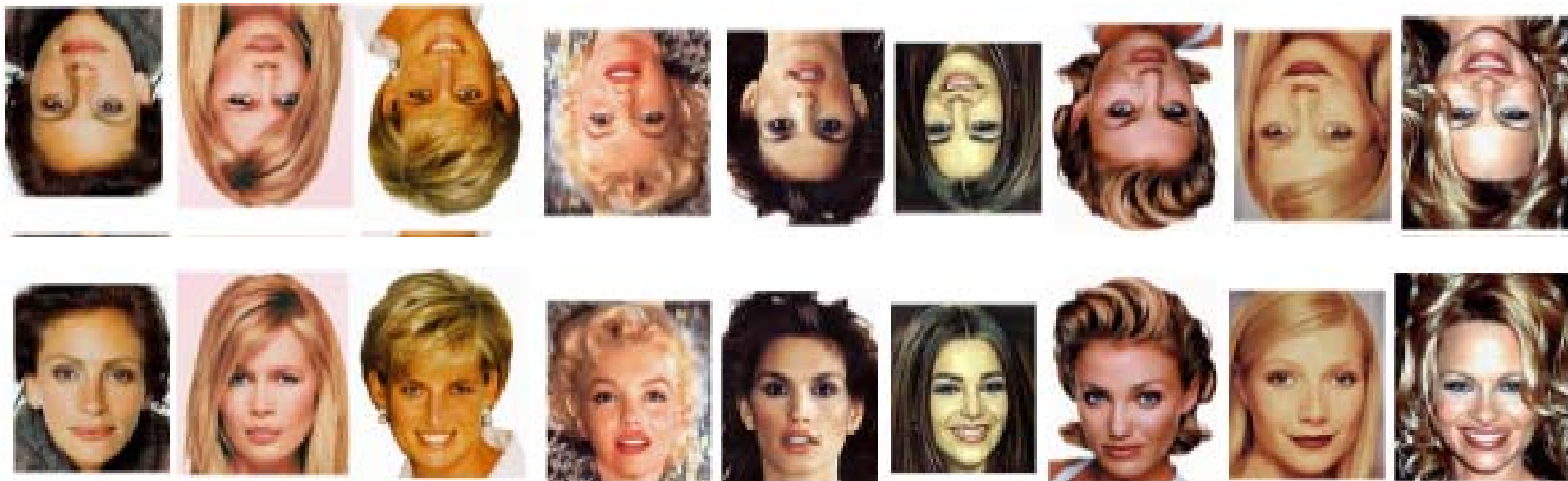
# Elméletek és modellek az arcfelismeréssel kapcsolatban III.

- James Haxby modellje

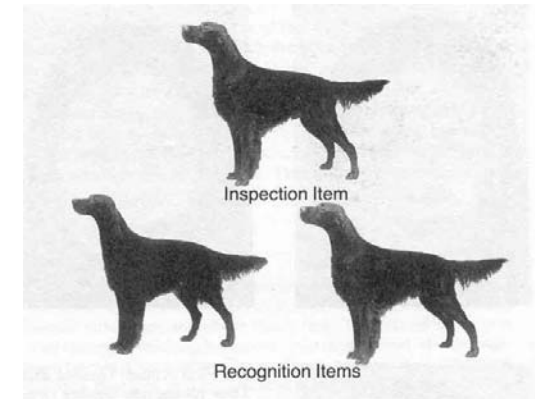


# „Mennyire speciális az arcfelismerés?”

- 1. Invertált arcok felismerése lényegesen nehezebb mint invertált tárgyaké (Yin, 1969)



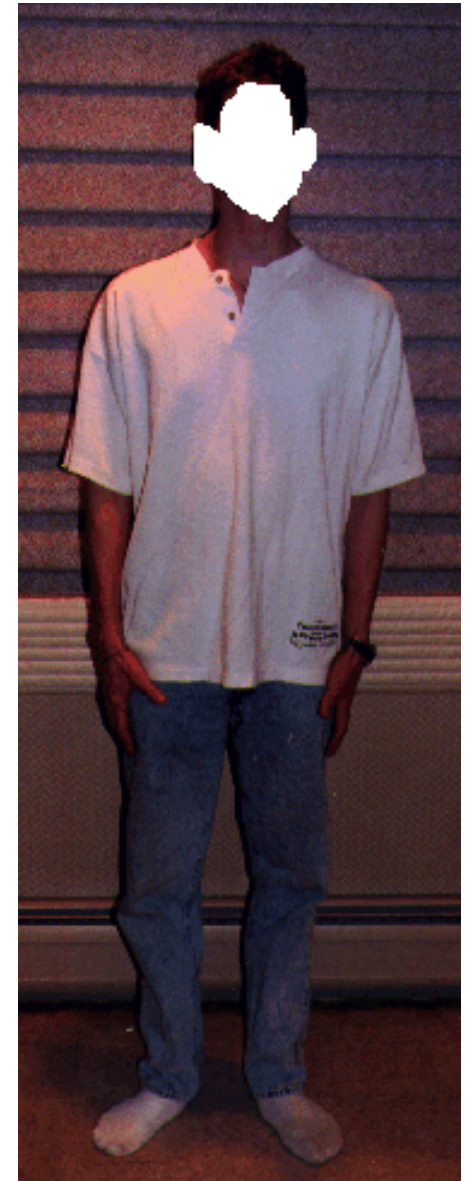
# Diamond & Carey study



- Arcok speciális tulajdonságai miatt van pl. az inverziós hatás.
- Keressünk ehhez hasonló ingereket.
- Kutya, kutyaszakértők: sokat látták, hasonlóak stb...
- Normál-szakértő hasonlóan jó egyenes állású kutya és arc esetén, hasonlóan rosszak invertált arcok esetén, míg az inverziós hatást csak a kutyaszakértők mutatják kutyákra.

# Prosopagnosia

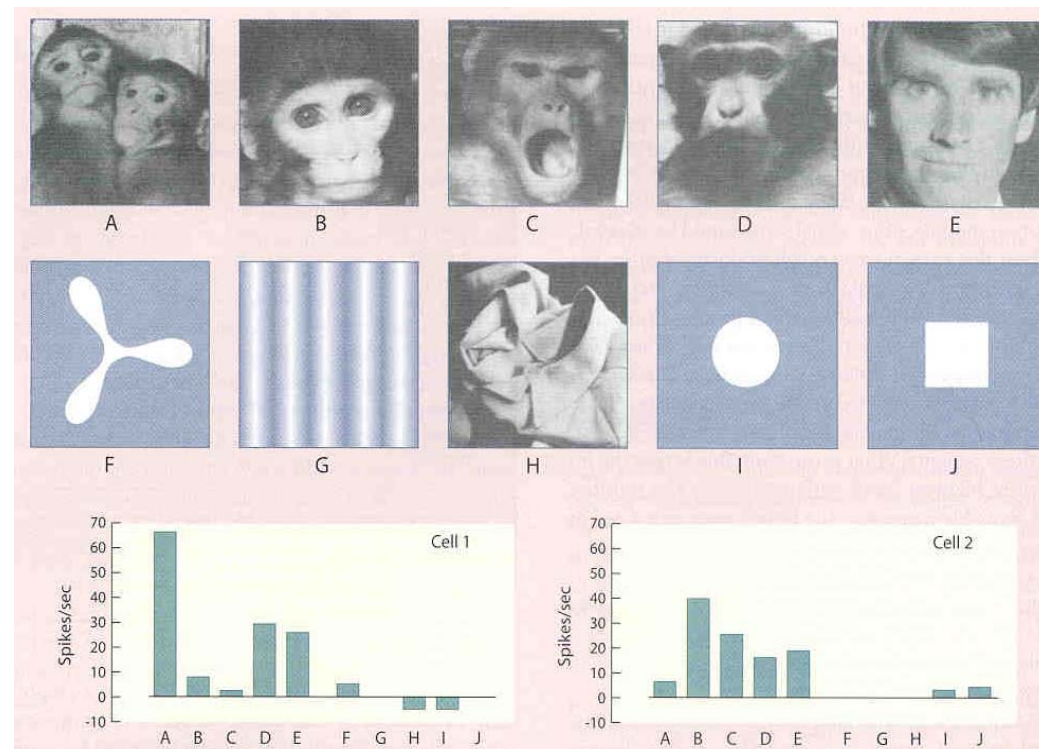
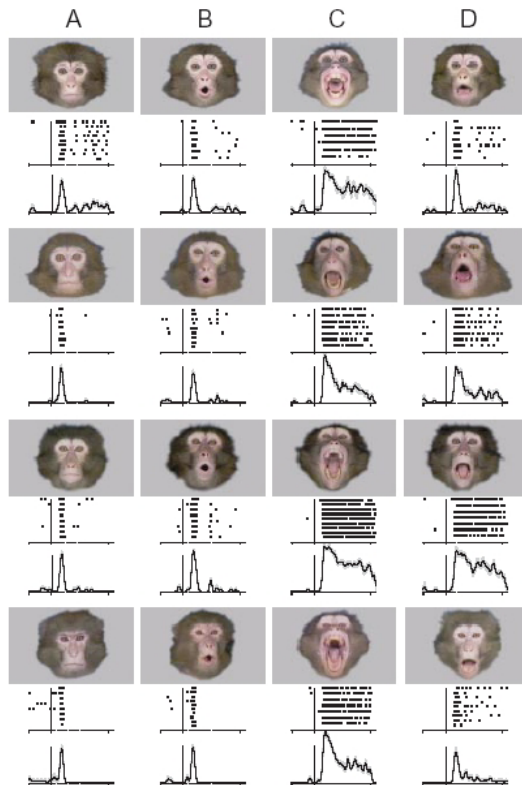
- A prosopagnosiások általában más csatornákra támaszkodva azonosítják embertársaikat (pl.: hang, hajviselet, ruházkodás).
- Gyakran válnak emiatt más vonások felismerésének szakértőivé.
  - B. C. például a haját, az arcszőrzetet és a nadrágot használta felismerési támpontként.
  - Egy másik esetben az illetőből „napszemüveg-szakértő” lett.
- Nem túl meglepő módon az „arc-vak” embereknek gyakran vannak szociális problémáik.



# Speciális – egyedi struktúrák és jelenségek?

- Főemlősök:

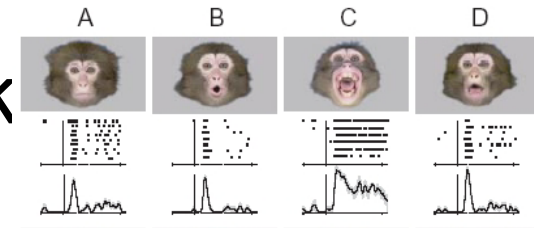
Makákó majom inferior temporális kéreg sejtjei:



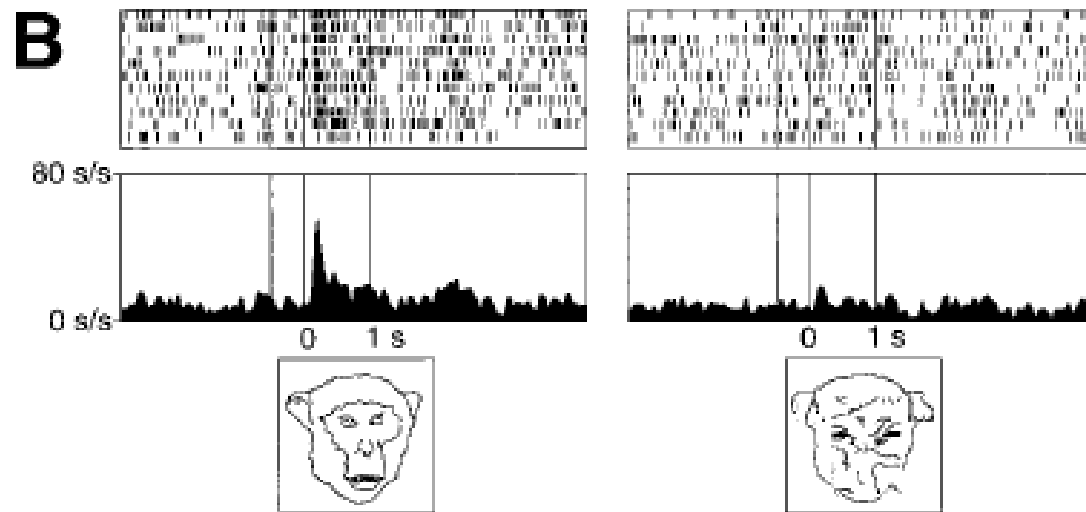
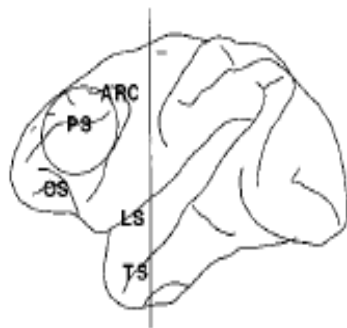


# Speciális struktúrák

## Majom arc sejtek



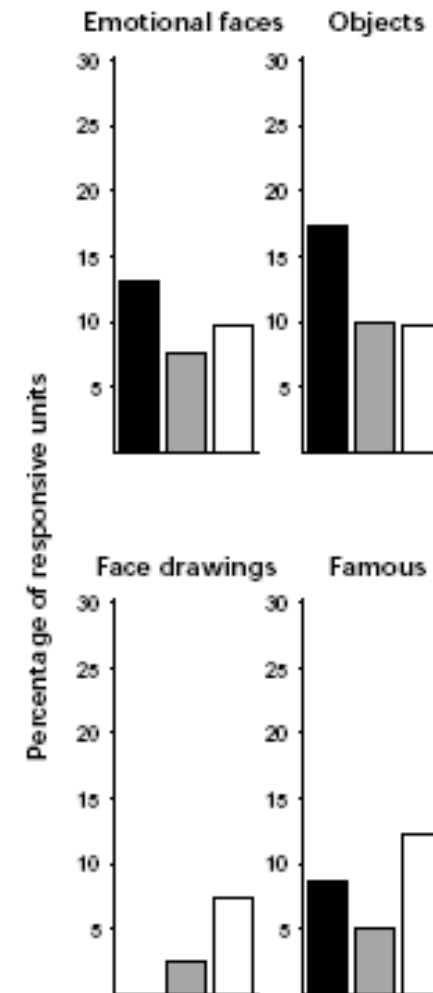
- Több helyen van: temporális kéreg, amygdala, hippocampus, frontális kéreg
- Különböző sejtek szelektívek az identitásra, pózra, érzelemkifejezésre



# Ha speciális akkor lehetnek speciálisan erre struktúrák , jelenségek is....

- Humán egysejt amygdala, entorhinalis kéreg, hippocampus

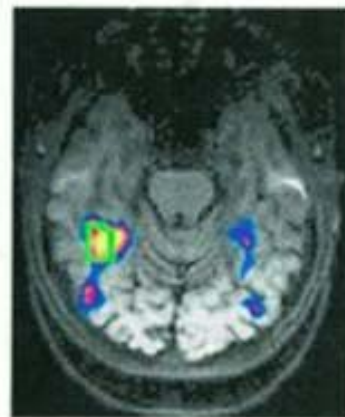
■ Amygdala ■ Entorhinal □ Hippocampus



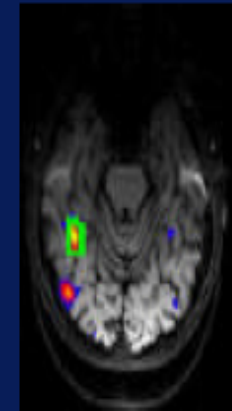
Ha speciális, akkor lehetnek  
speciálisan erre struktúrák , jelenségek  
is....

- Fusiform Face Area  
(FFA) (Nancy  
Kanwisher, 1997)

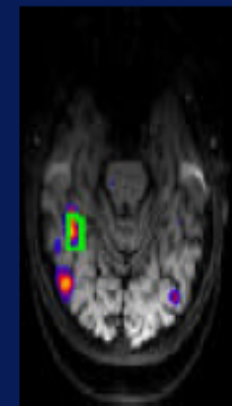
3b. Intact Faces >  
Scrambled Faces



2a. Faces > Objects

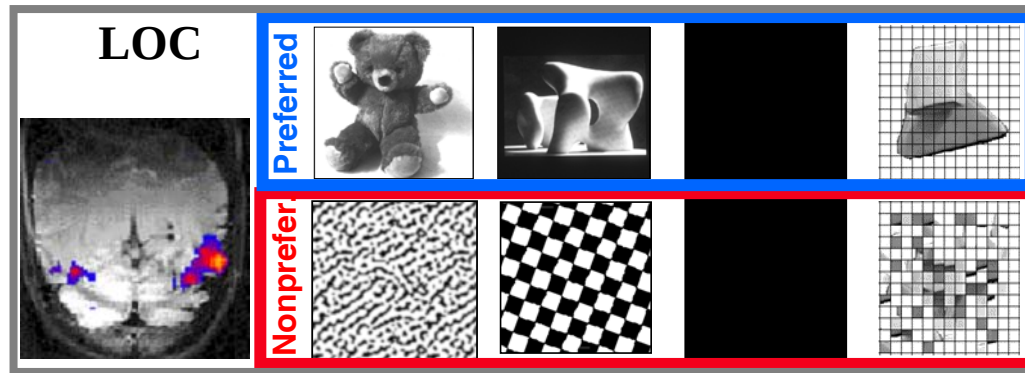


2b. Faces > Houses



# Emberben tárgyak és arcok...

Lateral occipital complex (LOC) – tárgyak



*Malach et al., 1995*

*Grill-Spector et al., 2001*

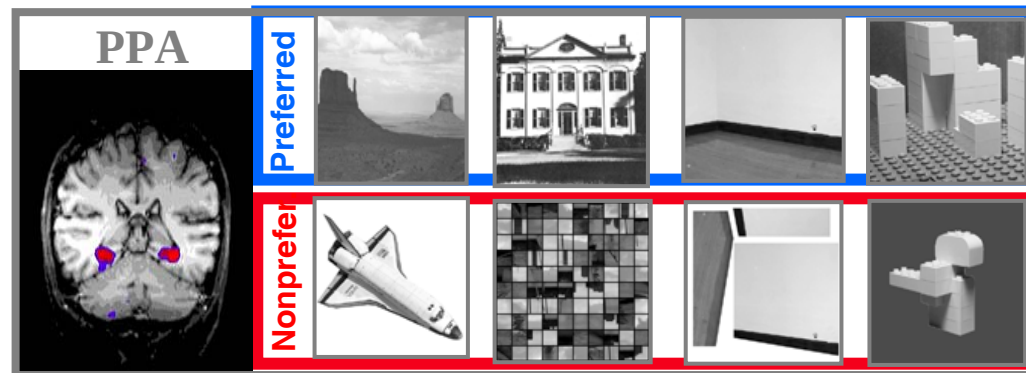
Fusiform face area (FFA) – arcok



*Kanwisher et al., 1997*

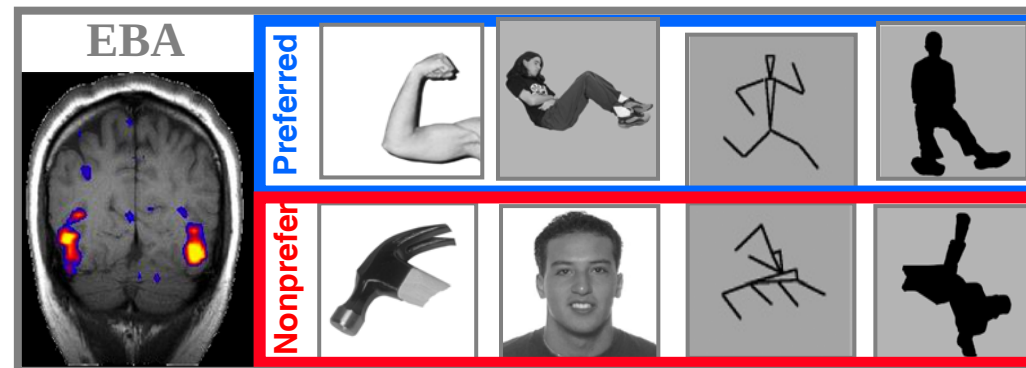
# Nem várt területek...

Parahippocampal place area (PPA) – helyek, házak, tájképek



*Epstein & Kanwisher, 1998*

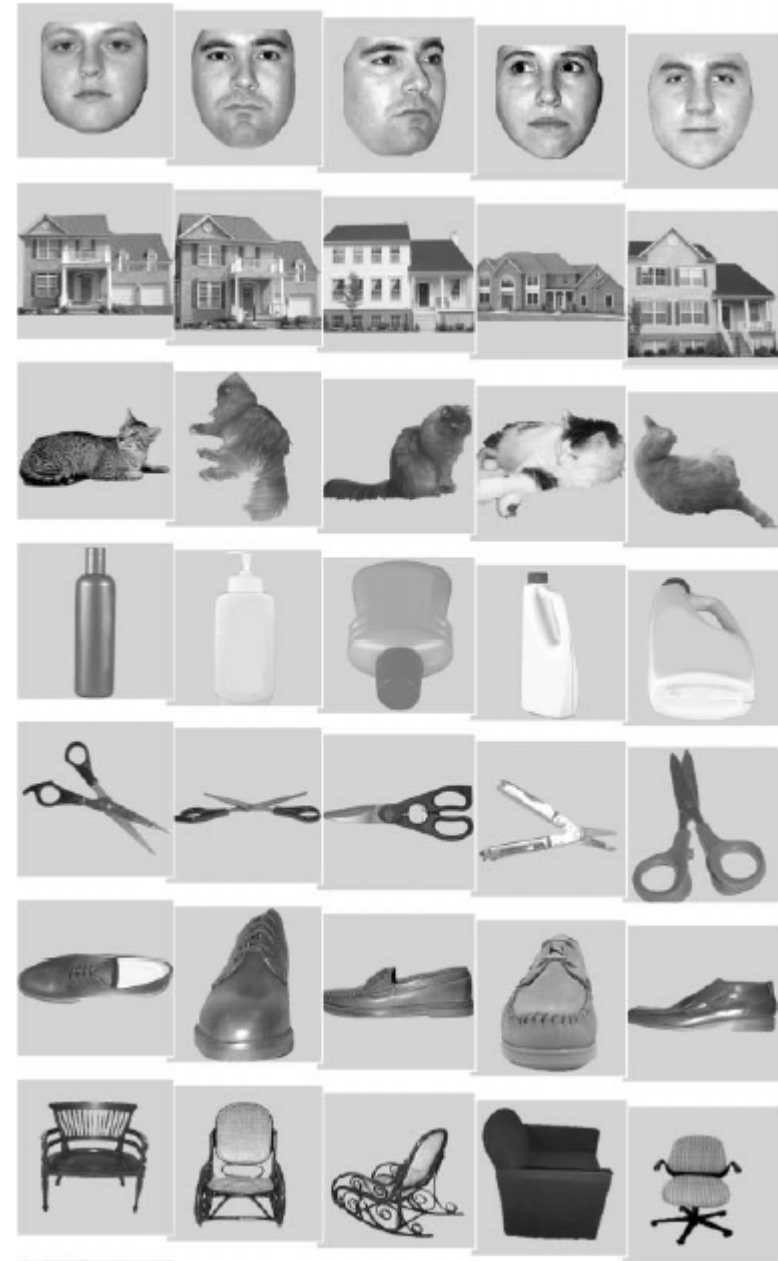
Extrastriate body area (EBA) – testrészec



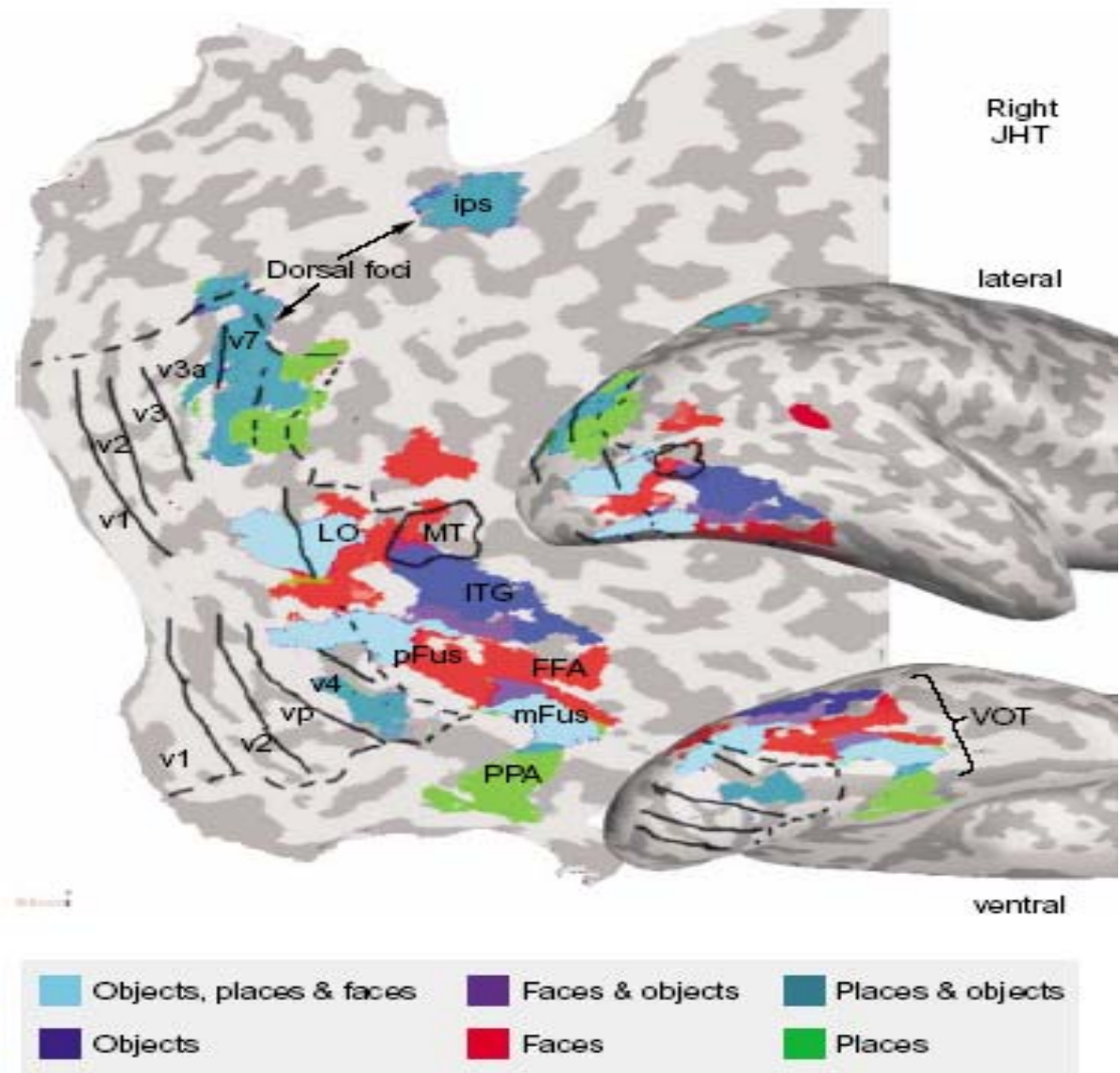
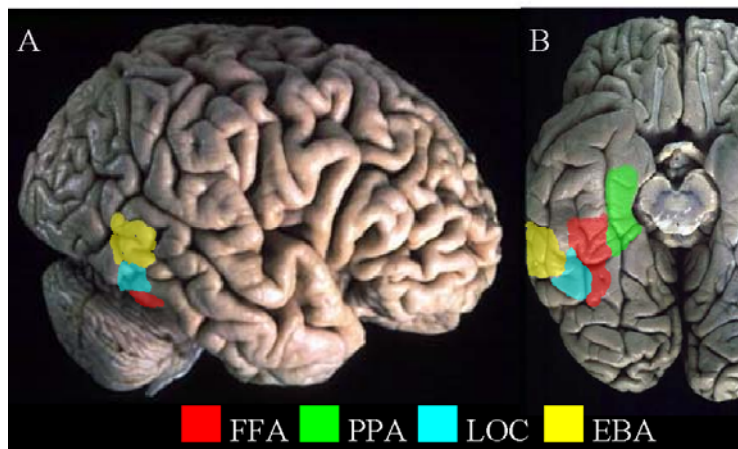
*Downing et al., 2001*

# Egy tárgy-egy terület?

- Nem:
  - objectotopia



Az egyes  
kategóriák  
reprezentációjának  
elkülönülésének  
mértéke nem  
tisztázott



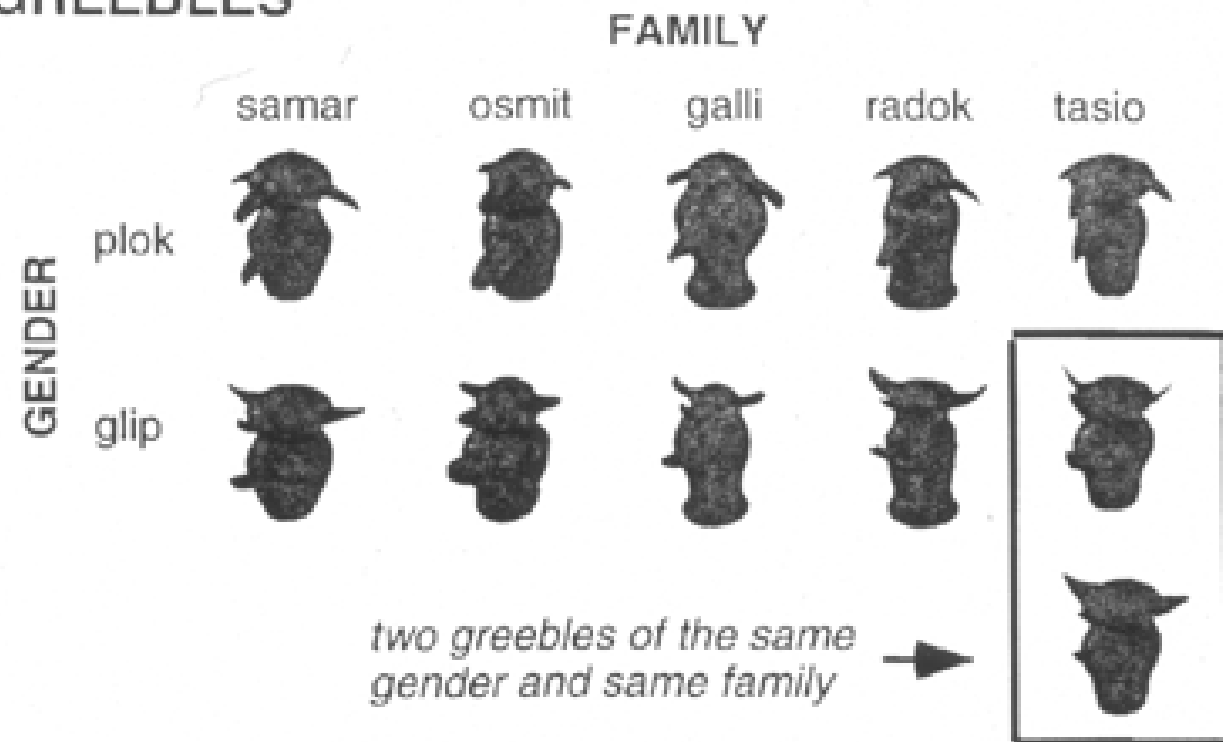


# Gyakorlás és aktivitás hatása az FFA-n

- Greeble-ek (I. Gauthier)



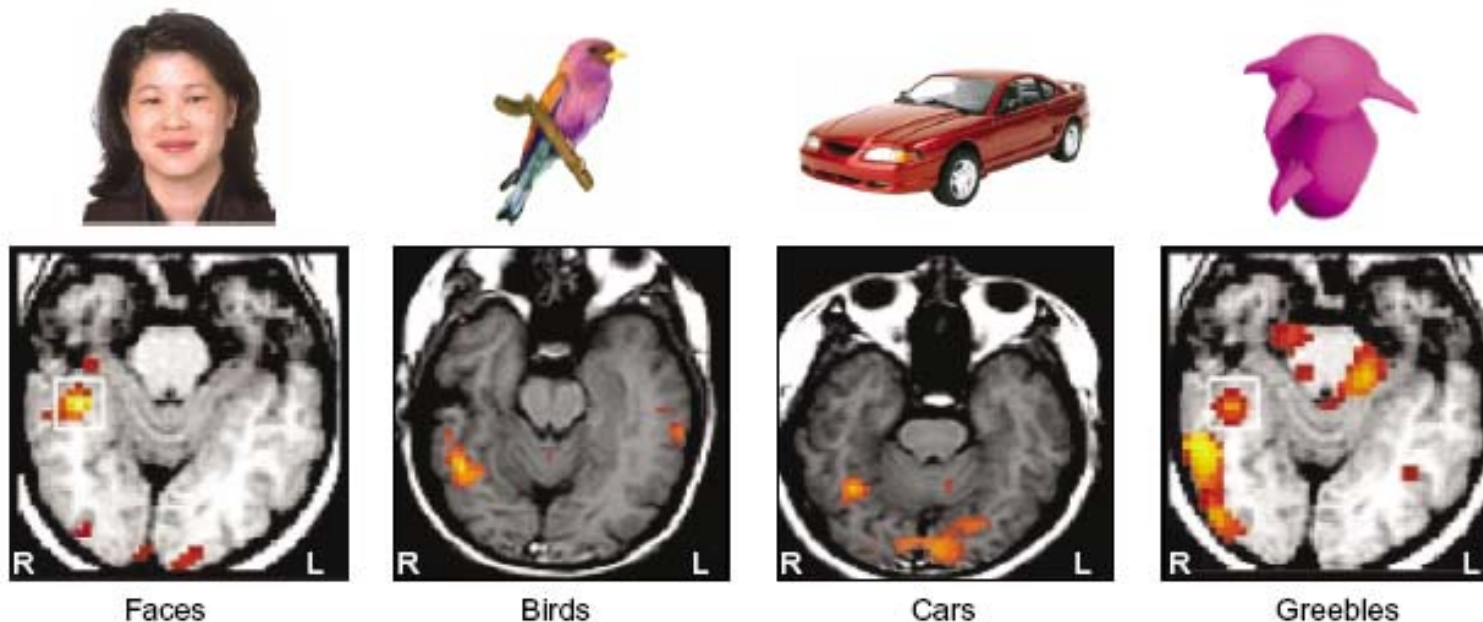
## GREEBLES



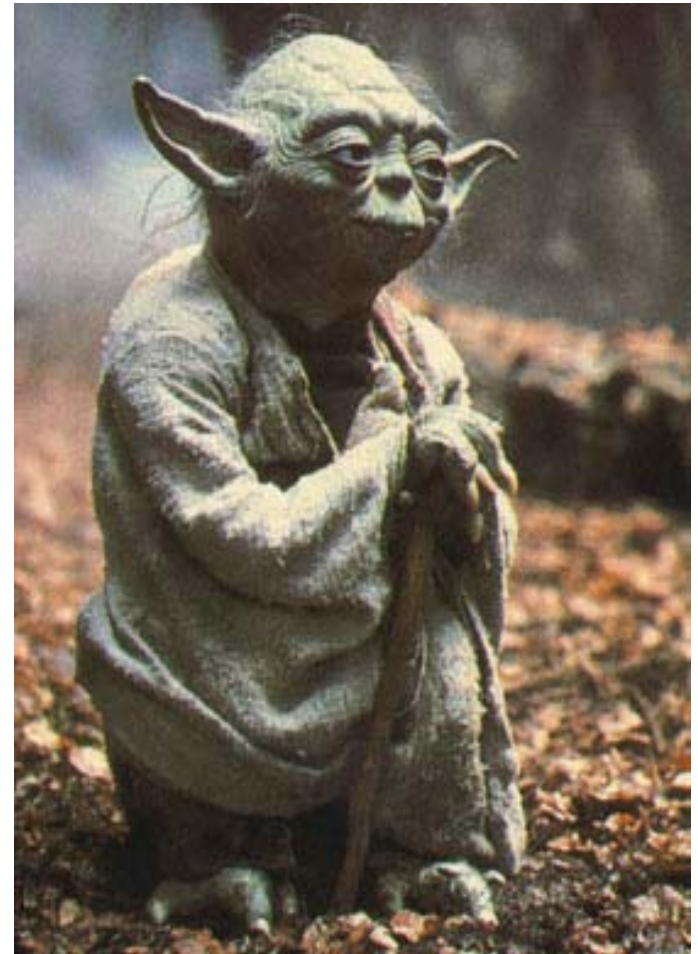


# Gyakorlás és aktivitás hatása az FFA-n

- Arc - mindenkinben
- Greeble - aki megtanulta
- Madár - madárszakértő
- Autó – autókereskedő
- TEHÁT: a terület aktivitása gyakorlás-függő, plasztikus



Kritika... 😊



# Vizuális figyelem

- Tudjuk: egy adott pillanatban a környezetnek csak minimális része tekinthető LÉNYEGES információnak
- Látás szempontjából eleve csak a tér minimális része vetül a retinánkra
- Egy rész feldolgozódik, a többi elvész
- Ebben a filterezésben segít a figyelem
- Idegrendszeri reprezentációja?

# 70'-es évek

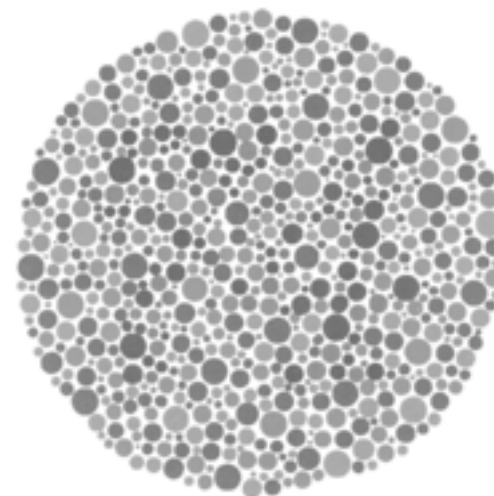
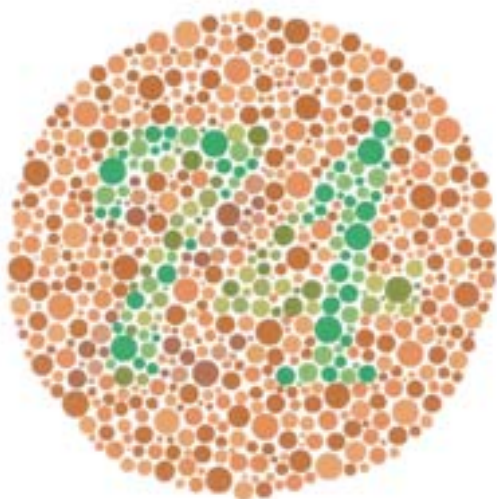
- Vizsgált területek: CS, V1, PP kéreg
- Goldberg és Wurtz: éber majmok – amikor figyel  
és amikor nem a fénypontot
  - Ha figyel, akkor CS sejtek intenzívebb válasz (V1-ben kisebb moduláció)
  - DE: ez inkább a szemmozgás elindítása miatt
  - PP kéreg: amikor odanézett és érte nyúlt
- Desimone: V4
  - Pozíció vagy alak/szín szerinti követés/hasonlóság

# Binding problem

- Q: Is there a final common pathway?
- Már volt róla szó – Treisman modellje
- Manapság 3 eredmény
  - Reynolds és Desimone: figyelemnek központi szerepe van, ez egy konkrét tárgyra szűkíti le a feldolgozást
  - Gray, Singer és Eckhorn: oszcilláció – szinkronitás – összekötés
  - Optican, Richmond et al.: kódolás alapja: spike-ok eloszlása
- DE: a kérdés máig megválaszolatlan

# Irodalom

- Kandel – Schwartz – Jessell: Principles of neural science  
– 28. fejezet
- Pléh – Kovács – Gulyás: Kognitív idegtudomány  
– 11. fejezet



Látás

Színlátás

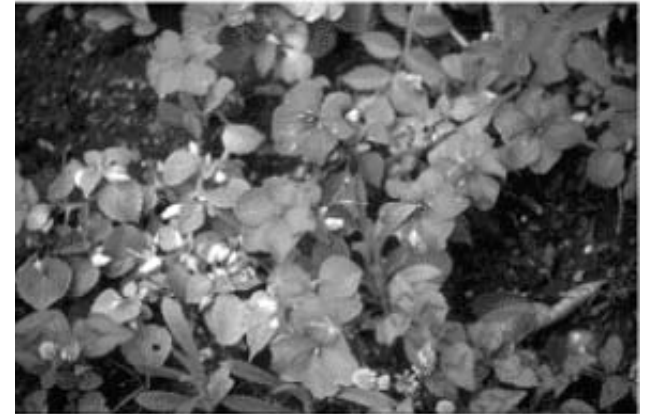
# Színek

- Sokszor képessé tesz arra, hogy az amúgy nem látható tárgyakat és mintázatokat észleljük
- FF: fény és sötétség közötti differenciát látjuk; részletek általában ezzel is jól láthatók, de az összélmény csökken
- Színlátás: önmagában „nem mond sokat”, a fényességinfó elkerülhetetlen, az mindenképpen KELL!!!

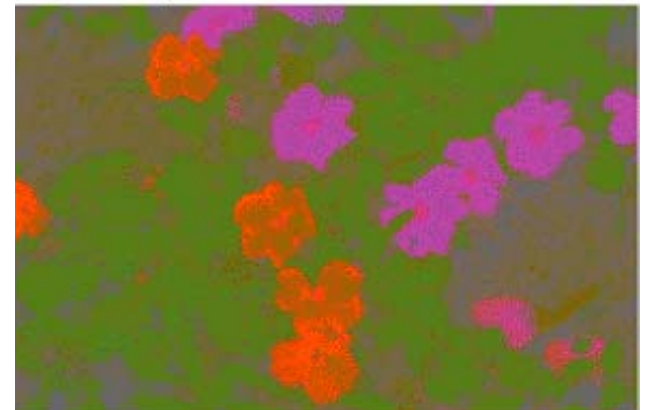
A Full color image



B Black and white only



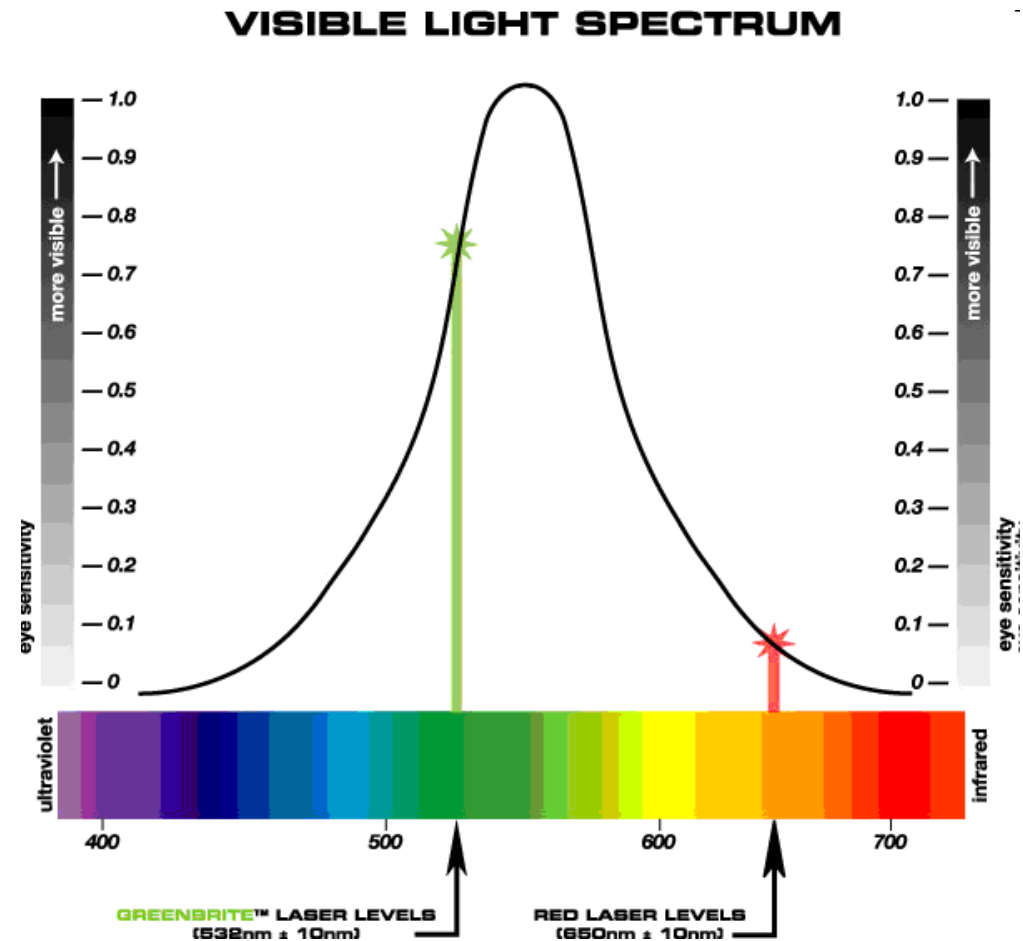
C Color only





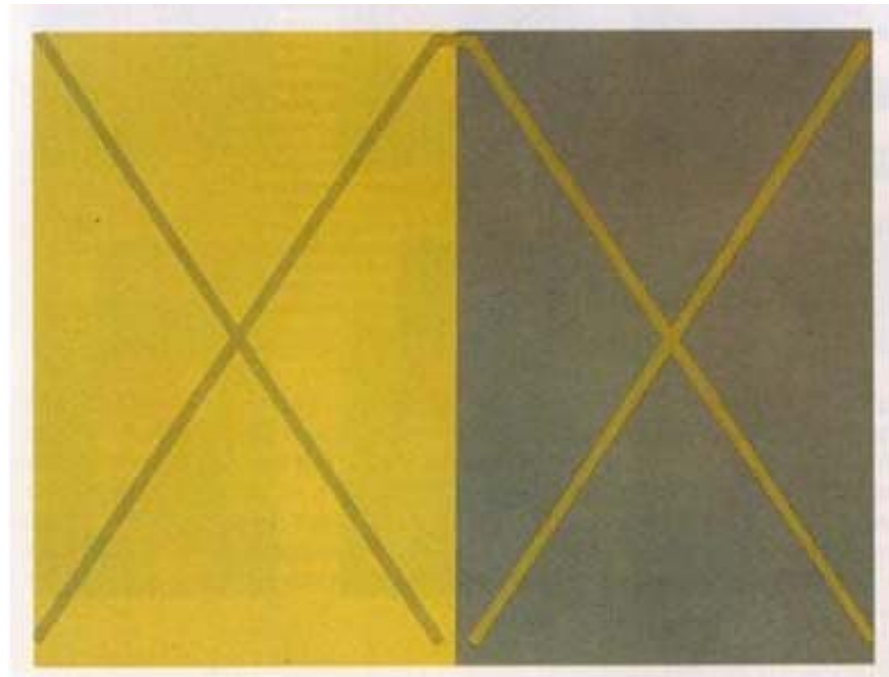
# Fontosabb specialitások

- SZUBJEKTÍV!!!!
- A szemet elérő fény spektrális összetételétől függ
- Látható fény hullámhossz-tartománya
  - 400 – 700 nm
  - 1 hullámhossz – 1 szín
  - Különböző hh-ú fények összessége – „színek gazdag tartománya”
    - Lila = rövid és hosszú
    - Fehér = mindegyik



# Kontextus-hatás

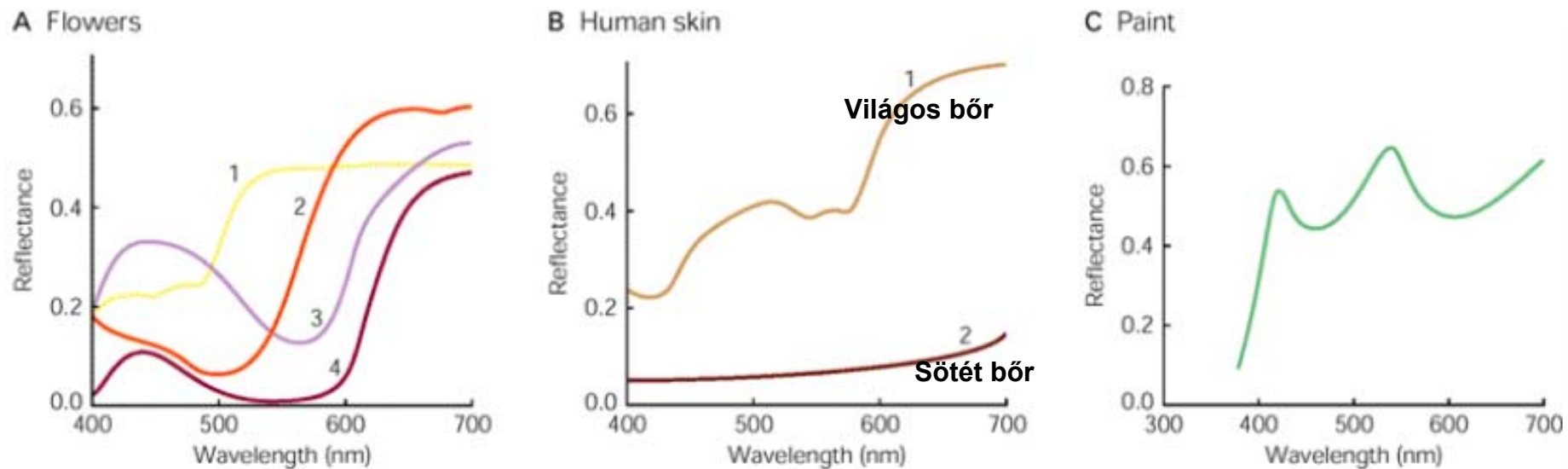
- Ismert, hogy nem csupán a spektrális összetételén alapul az észlelet
  - Pl. háttérinfó hatása



# Visszaverődés

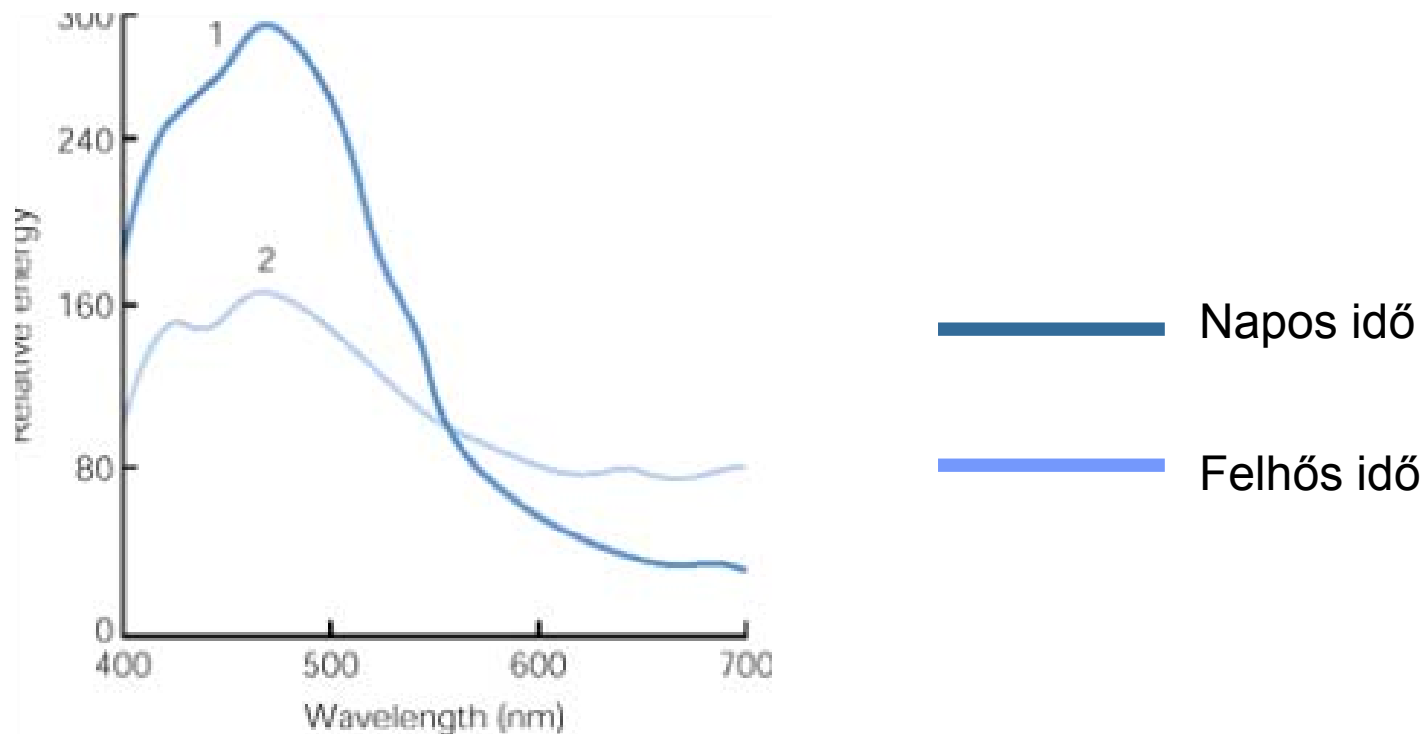
- A tárgyról jövő legtöbb színinfó ezen az úton
- Hogyan vernek vissza fényt a felszínek?
  - Tükröződés – a felszín simaságától függ
- Felszínek eltérnek
  - A bejövő fény mértéke, melyet visszavernek
    - Sötétek kevesebbet, mint a világosak
  - A fény spektrális összetevőjében, melyet visszavernek
  - Ezeket a tulajdonságokat írhatjuk le az ún. reflektancia-függvény
    - Nem változik a spektrális összetétellel vagy a felszínre eső fény intenzitásával

# Reflektancia-függvény



1 jelentené: az összes bejövő fényt visszaverné

- DE: a spektrális eloszlás nem csupán a felszín reflektancia-függvényétől függ, hanem a felszínt megvilágító fény energiájának spektrális eloszlásától is



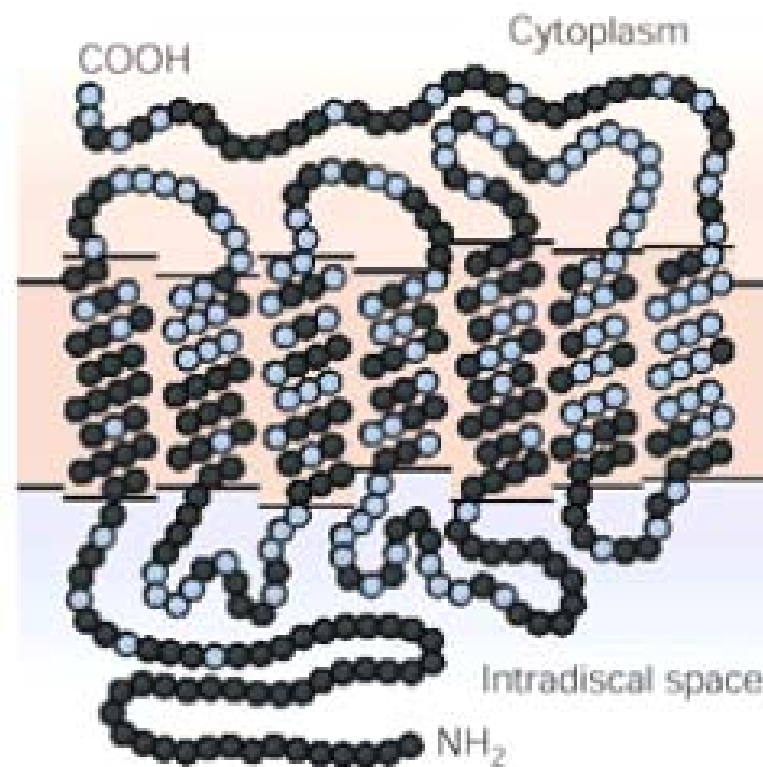
# A fő fotoreceptorok a csapok

- Molekuláris felépítésük
  - már említettük a pálcikáknál
  - Rhodopsin: opszin (7-TM protein) + 11-cisz retinal (fényérzékeny)
  - Fény hatására 11-cisz retinalból (all-)transz retinal → hiperpolarizáció
- Hullámhossztól függetlenül a folyamat ugyanaz, tehát:  
**AZ EGYEDI CSAPOK NEM SZÁLLÍTANAK INFORMÁCIÓT A FÉNYINGER HULLÁMHOSSZÁRÓL!!!!**
- Ehelyett: egy bizonyos hullámhosszra preferáltan válaszolnak
- Azaz: ami a hullámhosszal változik, az NEM az elektromos válasz formája, hanem annak a **VALÓSZÍNŰSÉGE**, hogy egy foton elnyelődik.

# Miben tér el a pálcikáktól?

## Egy példa

M vs rhodopsin



A fekete jelzi az eltérő aminosavakat.

# Probléma

- A vizuális rendszer egy adott csap válaszából nem tudja eldönteni, hogy a csapot egy gyengébb fény világította-e meg azon a hullámhosszon, amire érzékeny vagy egy erősebb, amire kevésbé érzékeny, netán különböző hullámhosszú fények kombinációja
- Konklúzió: legalább két fotoreceptor-halmaznak kell lennie eltérő spektrális érzékenységgel



# Mi van, ha kettő?

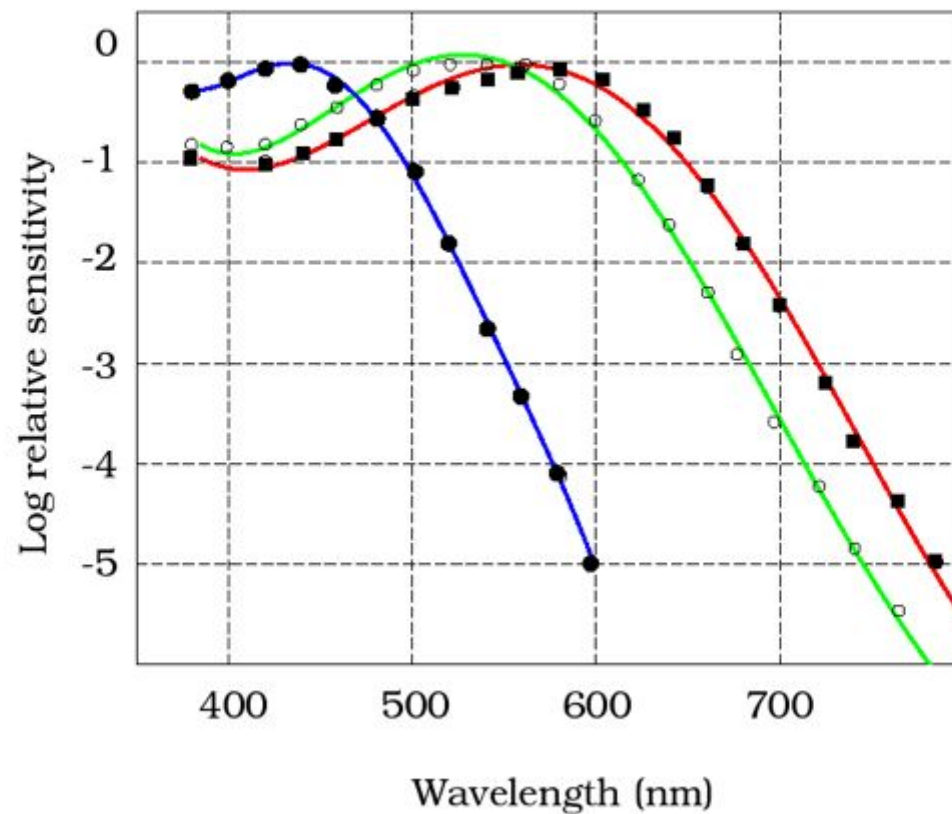
- Dikromatikus rendszer
- Minden egyes hullámhosszra két különböző jelet generálna
  - Magasabb versus alacsonyabb hullámhossz → piros/sárga versus kék
- Amiben jó: nem keverné össze a hullámhosszokat egy adott fény esetén
- DE: általában nem 1 hullámhosszú fény verődik vissza egy tárgy felszínéről, inkább: hullámhosszak egy folytonos eloszlása
- Megoldás: nem 2, hanem 3

# Mi van, ha három?

- Kezdetek: XIX. sz. Thomas Young
- Mára: 3 csaptípus, melyek különböző fotopigmentekből állnak, emiatt más a spektrális érzékenységük
- S: rövid ( 420 nm) hullámhosszra érzékeny
- M: közepes (530 nm) hullámhosszra érzékeny
- L: hosszú (560 nm) hullámhosszra érzékeny

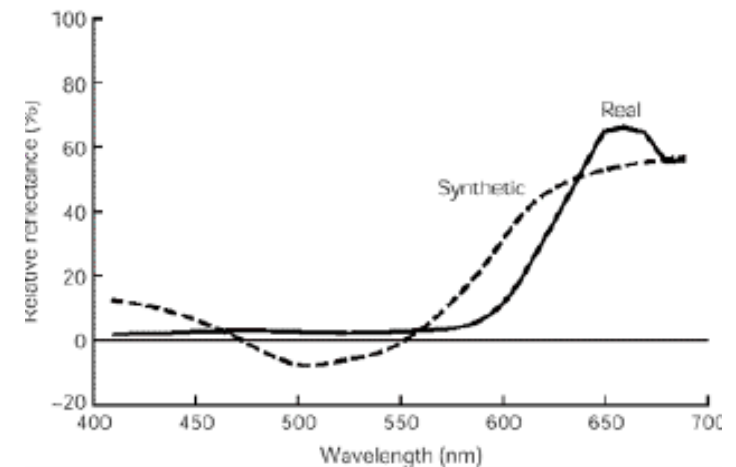
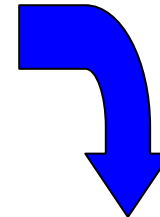
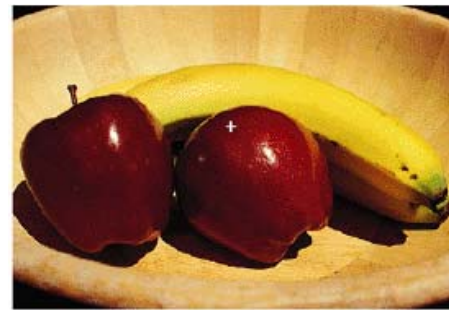
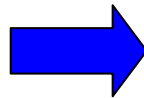
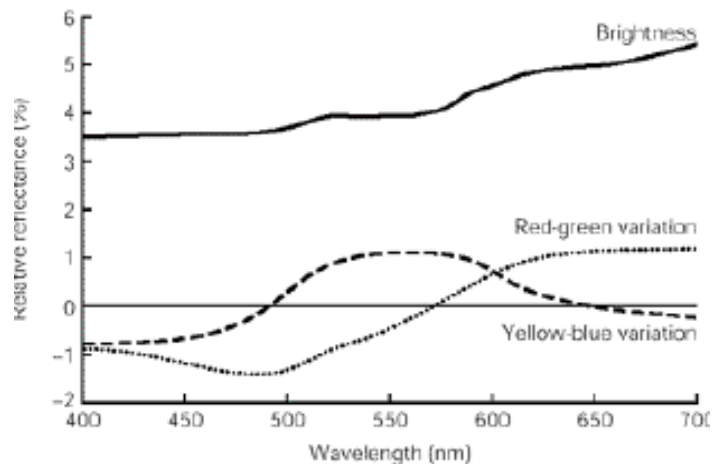
# Spektrális érzékenység

Cone spectral sensitivities



S  
M  
L

- A legtöbb természetes felszín reflektanciafüggvénye relatíve egyenletesen és lassan változik a hullámhosszal
- Egy pár elemi összetevő segítségével leírhatók



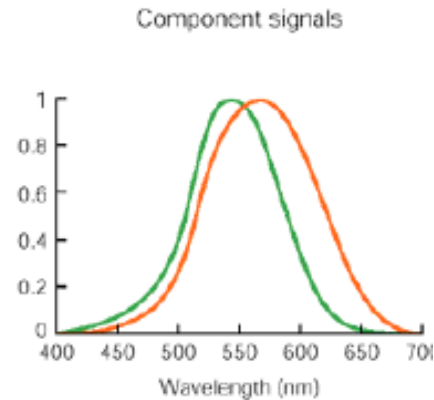
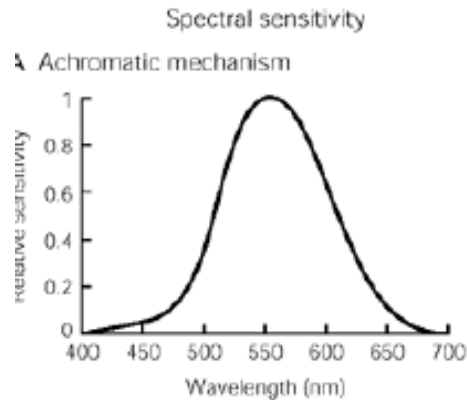
# Elég a három?

- Már az előző ábra is szemlélteti, hogy a becslés jó
- Maloney: a három már jó megoldás
- Életből vett példa: színes TV (3 foszfor)

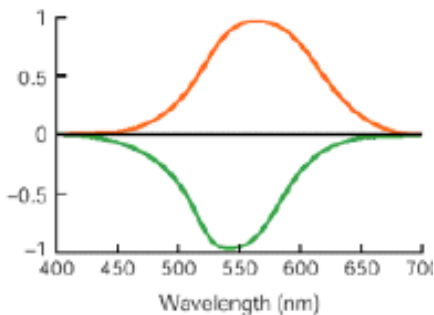
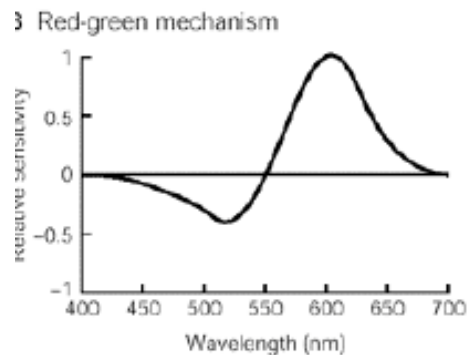
# Hogyan tovább?

- Nem megvalósítható, ha a külön csaptípusok külön idegi pályarendszeren küldenék tovább az infót
  - Hasonló reflektancia-függvények
  - Nagy átfedés a spektrális érzékenységben (különösen M és L csapok)
- Cél: az átfedések eltüntetése
- Megoldási lehetőségek
  - A három csaposztály jeleinek ÖSSZEGE ( $L + M + S$ )
  - L és M csapok jeleinek különbsége ( $L - M$ )
  - L és M kombinált jelét kivonjuk az S-ből ( $S - LM$ )

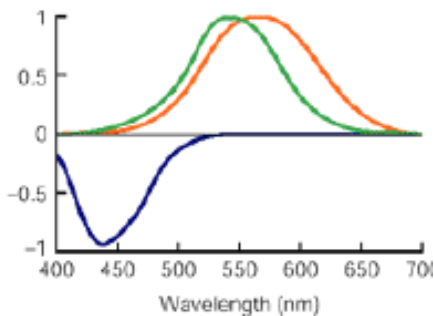
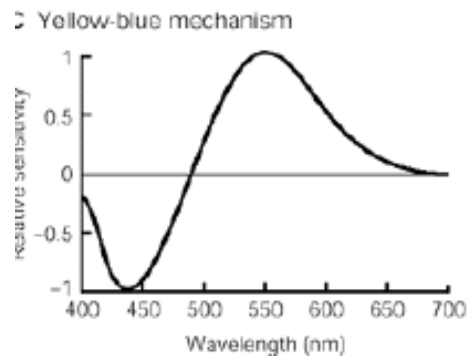
# Megoldási lehetőségek



$$L + M + (S)$$



$$L - M$$



$$S - LM$$

# Ewald Hering



- A piros, sárga, zöld és kék színárnyalatoknak speciális tulajdonságuk van: általuk sok szín megadható, egymás párjai (piros/zöld, kék/sárga)
- Ezekből: 3 különböző ellentétes (opponens) mechanizmus
  - piros-zöld változások (serkentő/gátló részek)
  - Kék-sárga változások (serkentő/gátló részek)
  - Akromatikus, világos-sötét (serkentő/gátló részek)



# Bizonyítékok az opponens mechanizmusokra

- Hal, retina horizontális sejtek
  - Bizonyos hh-kra hiperpolarizálódtak, míg másokra depolarizálódtak
- Denis Dacey: majmok – horizontális sejtek különbözőképpen viselkedtek, hiszen ugyanazon polaritású választ adtak az összes hullámhosszú fényre
- Peter Gouras (ganglion) és Russell DeValois, Hubel, Wiesel (CGL) – opponens mintázat

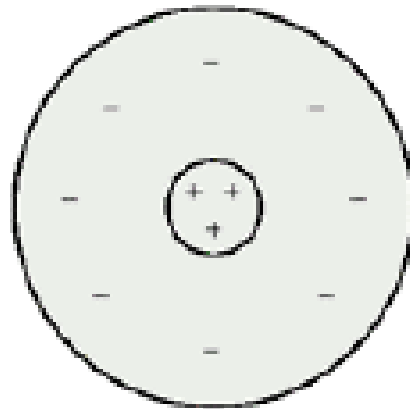
# Ganglion sejtek

- Már tudjuk
  - M és P sejtek, illetve ezek tulajdonságai
  - Kromatikus tulajdonságok
  - Színlátásban fontosak: P sejtek
- P sejtek
  - Két altípus: L-ből és M-ből ellentétes jelet kapó, illetve S-ből és az L és M kombinációjából ellentétes jelet kapó (elképzelés: ezek megfeleltethetők a piros/zöld, kék/sárga csatornáknak, míg az M az akromatikus – nehezen elképzelhető)

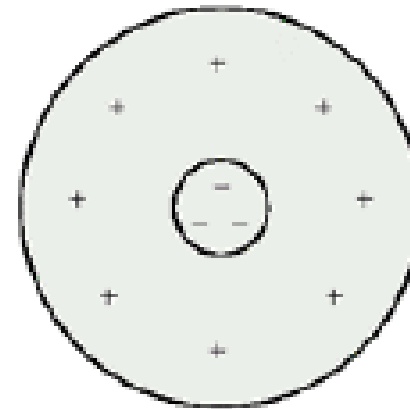
- Induljunk ki abból, amit tudunk!
  1. Fényességinfó túlreprezentált (lásd színlátás téma 1. kép)
  2. Fovea – P sejtek arányaiban többen
  3. M sejtek nem tudnak a finom részletekkel foglalkozni
- Ehhez: a P sejtek RM-jének térbeli szerveződése lehetővé teszi a sejt számára, hogy egy komplex jelben mind fényesség, mind színinformációt képes legyen szállítani

## A M cells

On-center

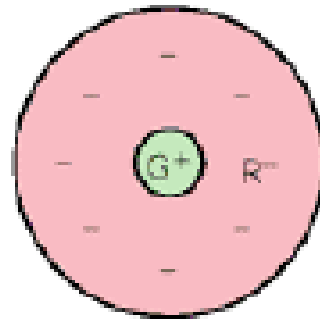
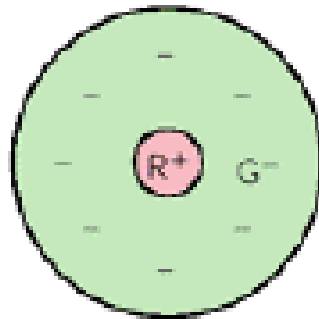


Off-center

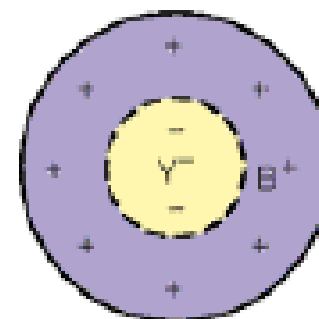
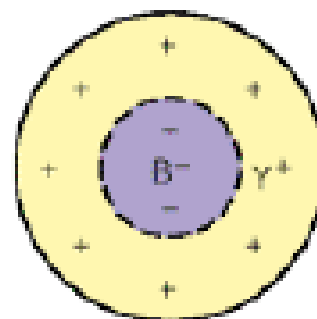
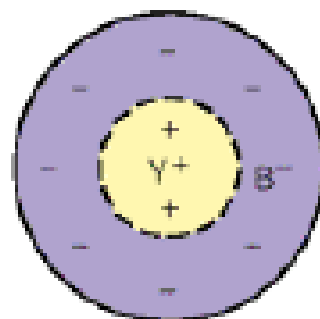
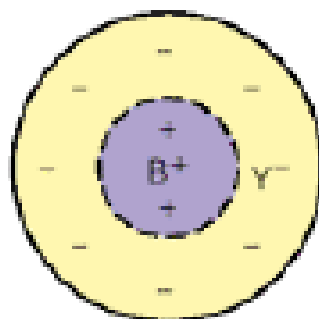
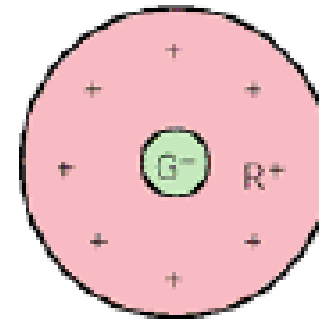
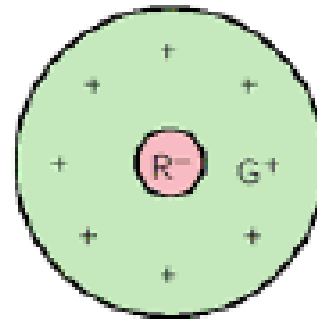


## B P cells

On-center



Off-center



# Hogyan ...

- Fény esik a P sejt koncentrikus RM-jére, külön színárnyalatokra serkentő vagy gátló választ produkál, DE: ha csak a központra vagy ugyanannyi serkentés és gátlás, akkor kódolhat fényességet is (elveszíti ugyanis opponens kódoló jellegét)

- Nem minden P sejt teszi ezt
- Cornea, lencse: nem tud minden hullámhosszú fényt egy adott pillanatban a retina ugyanazon síkjára fókuszálni (kromatikus eltérés) → a vizuális rendszer egy közepes és magas hullámhosszú éles kép mellett dönt a rövid hullámhosszú homályos kép kárára (S csapok csupán 10%, a foveánál szinte nincs is)

# Kérgi feldolgozás

- A feldolgozás a kéregben komplexebb, mint a retinában vagy a CGL-ben
- Bár elfogadott a három „másodlagos-állomás” elképzelés (p/z, k/s, fényesség), magasabb szinten ez egy leegyszerűsítés, több mechanizmus is létezik (mindegyik szelektíven érzékeny saját kis szín és fényesség területére)
- Igazolása: hasonló vagy kiegészítő színárnyalat hosszas nézése után az érzékenység egy adott színárnyalatra csökken
- Ezek a különbségtételek annyira finomak, hogy sugallják, hogy több, mint 3 spektrálisan szelektív mechanizmus létezik
- Specialitás: az egyéb vonások vizuális észlelésétől elválaszthatatlan

# Út a kéreg felé

- P sejtek → CGL → V1 (4C $\beta$ ) és (4A) főként akromatikus ingerekre válaszolnak ezek a sejtek
- DE: néhány sejt a 4C $\beta$ -ban: koncentrikusan szerveződő színopponens struktúrájú RM → fényességre nem, de szín megváltozására érzékenyek
- 4A: hasonló sejtek kis csoportját is tartalmazza
- Felsőbb V1 rétegek: bonyolultabb RM, csak minimális színre válaszoló sejt, koncentrikus RM, kp: valamely színre serkentő, másra gátló, de a szél mindig csökkent a válaszon (dupla-opponens sejtek)
- Clusterek: blobok → elképzelhető, hogy létezik egy kérgi pálya, mely a színt analizálja





## És tovább ...

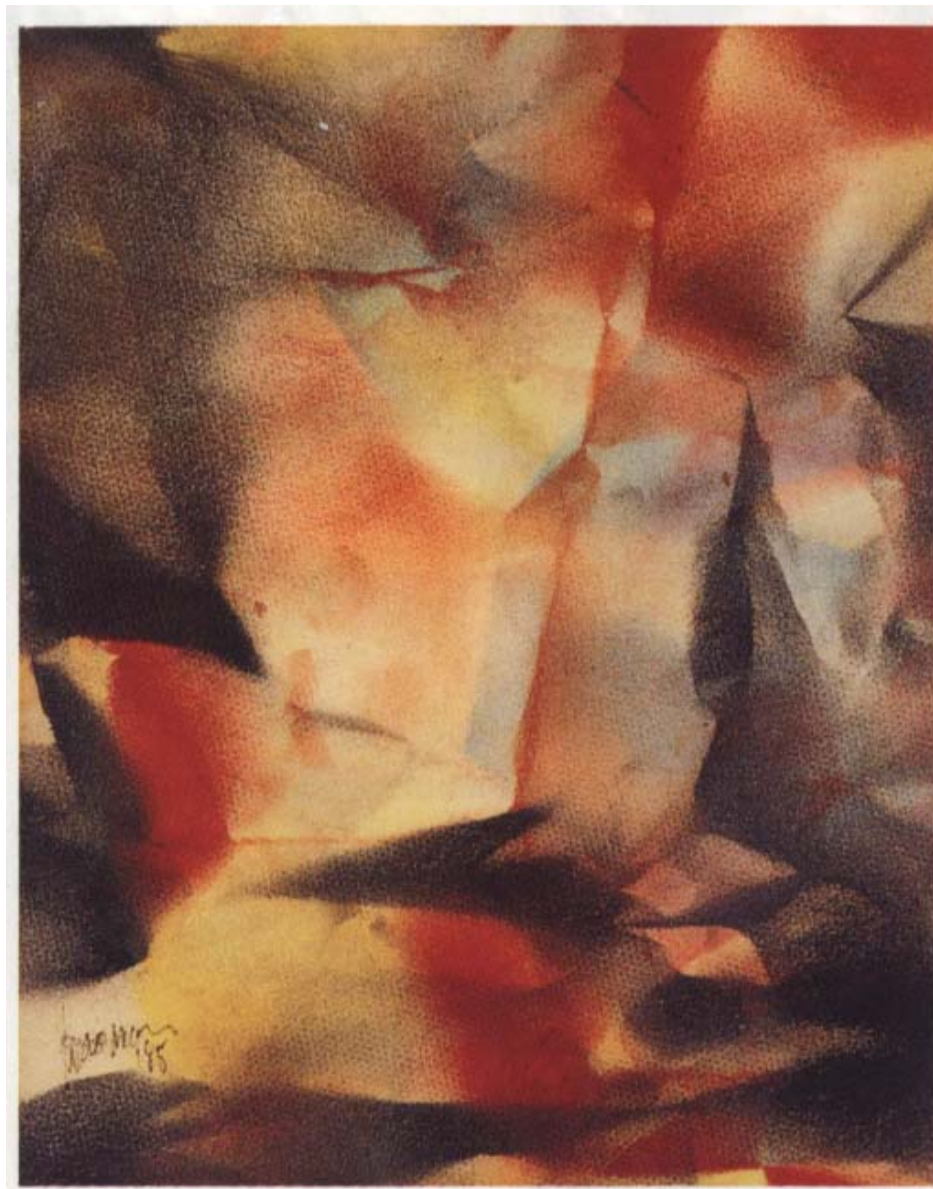
- Blobok kimenete → vékony stripe-ok V2-ben → V4
- V4: sok színszelektív sejt (Semir Zeki)
- Szerepére bizonyíték: léziós adatok

# Veleszületett színvakság

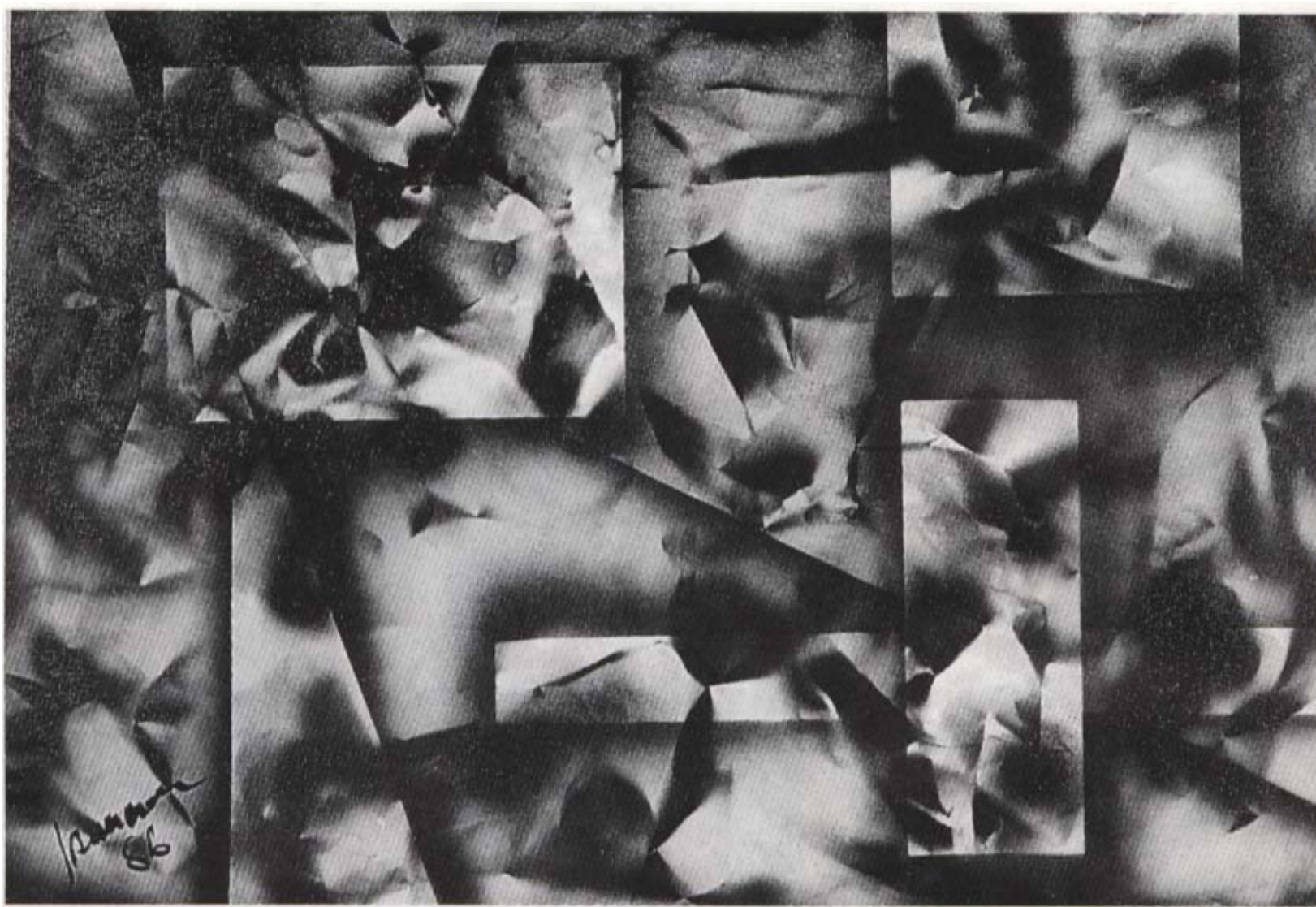
- 3 helyett 2 csapocskával születnek (dikromátok) (tesztelése: Ishihara ábrák)
    - Érthető okokból 3-féle lehet
      - L hiánya → protanopia
      - M hiánya → deuteranopia
      - S hiánya → tritanopia
- Férfiaknál, kb. 1% eséllyel
- 1/10.000 esély, nincs nemi különbség, 7-es kromoszóma rendellenessége
- 3 csap megvan, de a spektrális érzékenység nem normális (főként férfiak)
    - Példa: L és M pigmentjei „összemosódnak”
      - Protoanomália vagy deuteranomália

# Szerzett színvakság

- Retinális szinten
  - A deficit általában nagyobb, de színben is jelentkezik
    - Retinitis pigmentosa vagy glaukóma
    - Érdekességük, hogy általában a kék/sárga dimenziót érintik (inkább S – legsérülékenyebb)
- Akromatopszia
  - Színvak festő esete



Elötte



Két hónappal utána





Két évvel utána

# Irodalom

- Kandel – Schwartz – Jessell: Principles of neural science
  - 29. fejezet