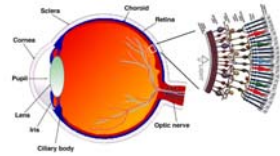


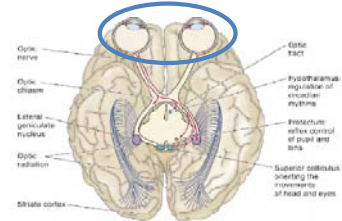
Látás I.

A szem
Anatómia, szemmozgás



Leegyszerűsítve ...

- Látórendszer = szemek + pályák + agyi központok
- Ebből a 2. és 3. túltárgyalva, DE az 1.-t eddig (!!!!) hanyagoltuk – a mai alkalommal ezt a hiányt pótoljuk

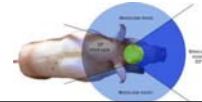
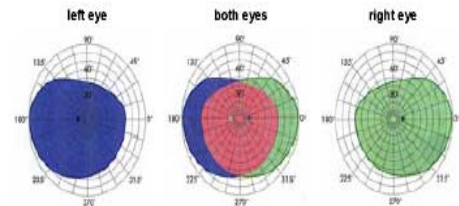


A szemek elhelyezkedése

- Frontális vagy laterális
 - Előnyök: fejlett térlátás versus nagyobb látótér
 - Vagy: ragadozók versus prédák
 - Más a binokuláris látómező mérete

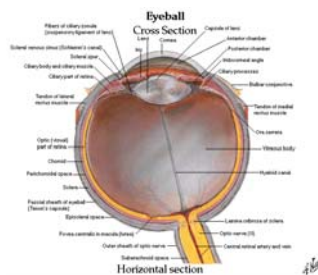


Látómező



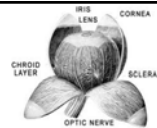
A szem felépítése, avagy a szem belülről ☺

- 24 mm-es átmérő, szinte tökéletes gömb alak
- 3 belső borító szövetdarab
 - Ínhártya
 - sclera
 - Érhártya
 - chorioidea
 - Ideghártya
 - retina



A hártyák - sclera

- Ínhártya (sclera) – a legkülső réteg
- Sclera = kemény
- A szem „fehérje”, sűrű anyag, melynek elsődleges funkciója a szem védelme
- Kb. 1 mm széles, a hártya felszínével párhuzamosan futó, szorosan összefonódott rostokból áll
- A szem elülső részén elveszíti fehérségét, áttetsző „dudor” lesz = szaruhártya (cornea)
 - Tömörebb rostok, szabályszerűbb elhelyezkedésben; nincs vérellátása, táplálékát az elülső kamra tiszta folyadékából kapja; érintésre különösen érzékeny



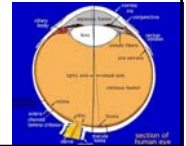
A hártáyk - chorioidea

- Érhártya – középső réteg
- Szemgolyó falához tapadva halad, kivéve az elülső területeknél
 - Hátsó rész: erőteljesen pigmentált, kb. 0.2 mm széles réteg, vérerek hálózata – az itteni hajszálerek táplálják pl. a retina sejtjeit
 - Az erőteljes pigmentáció miatt kevésbé szóródik a fény
 - Elülső rész: a szem felszínével párhuzamosan fut, itt egy hosszú, vékony struktúrát formál – sugártest (ciliary body)
 - Fő funkciója az elülső csarnokvíz előállítás, ez tölti ki a szaruhártya és a lencse közötti elülső szemkamarát
 - Csarnokvíz: fő feladata az oxigén- és tápanyagszállítás és a végtermékek elszállítása, emellett a kamra kitöltésével fenntartja a szemgolyó alakját – egyensúly megbomlásakor pl. zöldhályog (glaukóma)



Az elülső szemkamra

- A sugártest a szem falától befelé hajlik, itt: **szivárványhártya (iris)**
 - Kör alakú szövetdarab, ez adja a szemünk színét
 - Két rétegből áll: külső réteg (pigmentekkel teli) és belső réteg (vérerek) – a szín a kettő „összege”
 - Barna – sok pigment a külsőben, világos: kevés pigment, „látszanak az erek”, nincs pigment: albinó



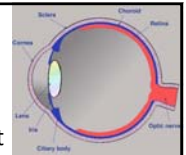
Pupilla

- Pupilla – két izomcsoport közötti rés
 - Körkörös és sugaras izmok - szabályozzák, hogy mennyi fény jut el a szem hátsó felébe
 - Mérete függ az aktuális fényszinttől (idősebb korban a pupilla mérete csökken), emellett autonóm idegrendszeri hatások esetén is változik a mérete



Lencse

- Pontosan a szivárványhártya mögött
- 9 mm átmérő, 4 mm vastagság
- Életünk során egyfolytában növekszik
- Három része van
 - Rugalmas tok (mésékli a csarnokvíz áramlását, akkomodációban segít)
 - Hámréteg a tok belsejében (proteinrostokat termel, hozzáadódik a lencséhez, ezáltal nő – DE: régiek középen szklerózis öregkorra), rostok párhuzamosak, így áttetsző, ha nem: szürkehályog
 - Maga a lencse



Egy kis optika

- Látásunk alapcélja: PONTOS retinális kép létrehozása
- Külső környezet vizuális észlelése nagyrészt a visszavert fényinformáció felvétele és feldolgozása
- Fény – egy része elnyelődik, másik része visszaverődik
 - Világos tárgy – magas visszaverődési együttható, gyors változás – él ... Tehát: a felület anyagáról közvetít információt

A fény – három előfeltétel

- 1) Kellő intenzitású fény (az össz fény kb. fele visszaverődik vagy elnyelődik, mielőtt elérné a retinát)
- 2) Megfelelően fókuszált retinális kép
- 3) Retinotópia

Képélesség

- Két dolog függvénye
 - A szemlencse és a szaruhártya optikai hatékonysága
 - Nem állandó!!! Oka: lencse alakjának változása.
 - A szemgolyó előlről hátrafelé mért hossza
 - Lencse – retina távolság megfelelő legyen!

Optika – folyt.köv.

- Fény – hullámtermészetű (v.ö. pocsolyába dobott kő körül fodrozódó hullámok)
 - Fény: forrástól divergensen terjedő hullám
 - Cél: a divergencia megszüntetése
 - Egyik megoldás: konvex lencse (alakjának függvényében gyengébben vagy erősebben konvergáltat) – miután a fény áthalad a fókuszponton, újra széttart
 - Tehát a fókuszpont attól függ, hogy mennyire szórt a fény, illetve, hogy mennyire konvex a lencse

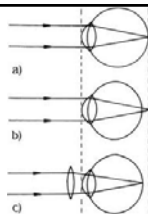
- Az, hogy mennyire széttartó a fény, természetesen attól függ, hogy milyen közel vagy távol van az észlelőtől az adott objektum.
- Általános szabály: minél széttartóbb (tehát minél közelebb van a tárgy), annál távolabb fókuszálódik a kép a lencsétől.
- Most vegyünk egy optimális esetet: egy tárgy a környezetünkben elég messze van ahhoz, hogy a róla visszaverődő fénynek gyakorlatilag ne legyen széttartása!

A szemgolyó hossza ...

- **Ideális eset:** megfelelő optikai hatékonyság, illeszkedve a szemgolyó hosszához
 - Következménye: a kép a retinán fókuszálódik
 - Ekkor a szem normál látású, ún. emmetropikus
- **Rövid szem:** a fókuszált kép a retina mögött helyezkedne el
 - Homályos kép; távollátás (hiperópia)
- **Hosszú szem:** a kép kialakul, de a retina előtt, magán a retinán már újra széttart, így a kép homályos
 - Rövidlátás (miópia), a közeli tárgyakat tudja jól fókuszálni

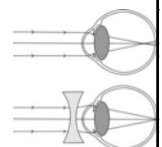
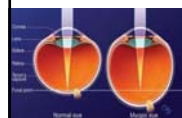
Hiperópia

- Ha már egyszer lerövidült a szem ... ☺
- Egyik megoldás: akkomodáció
 - Azaz: tegyük konvexebbé a lencsét!
 - De hosszútávon ennek ára van!
 - Helyette/utána más megoldás: konvex lencse a szaruhártya előtt
- Speciális eset: időskori távollátás (presbiópia) – oka: korral csökken az akkomodációs képesség (kb. 45-től, lencse keményedése, lencse tokjának csökkent rugalmassága)



Miópia

- Itt megnövekedett szemből indulunk ki
- Rövid távon és ha lehetséges, akkor a fókuszált tárgy közelebb hozása
- Végső megoldás: konkáv lencse



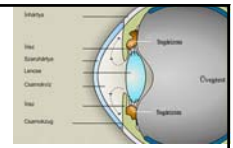
A szaruhártya hibája

- Alakja szintén befolyásolja a lencse hatékonyságát – ha gömbölyűbb, akkor erősebben gyűjti össze a beérkező fényt
- Szaruhártya torzulása: torz retinális kép
- Leggyakoribb: szemtengelyferdülés (asztigmatia)
- Tényleg ennyire fontos a szaruhártya?
 - Spéci eset: víz alatti látás
 - Anableps

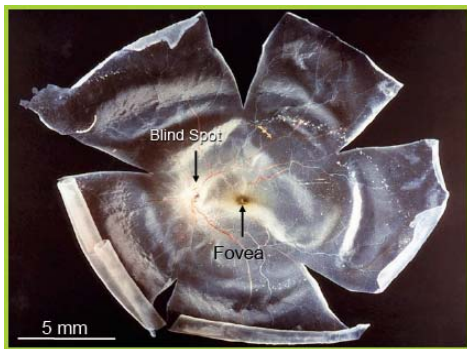


Üvegtest

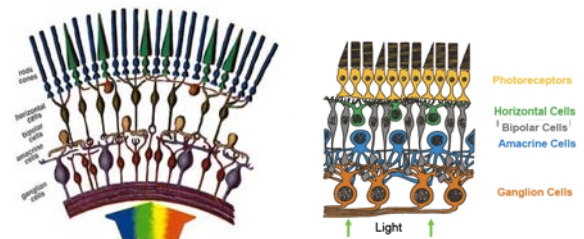
- A szem teljes térfogatának közel 2/3-a
- Elölről a lencse, oldalról és hátulról a retina határolja
- Áttetsző folyadék tölti ki – hátsó csarnokvíz
 - Tojásfehérje állagú anyag
 - Nem újul meg állandóan, így törmelékek halmozódnak fel benne (úszó darabok)



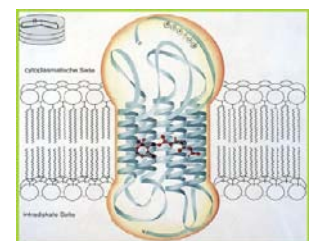
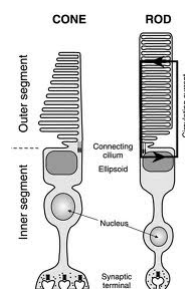
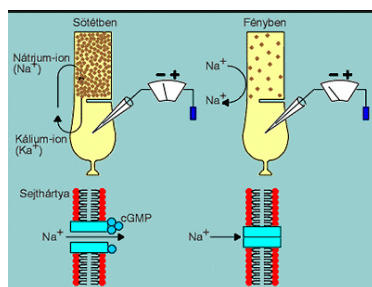
A legbelső réteg ...

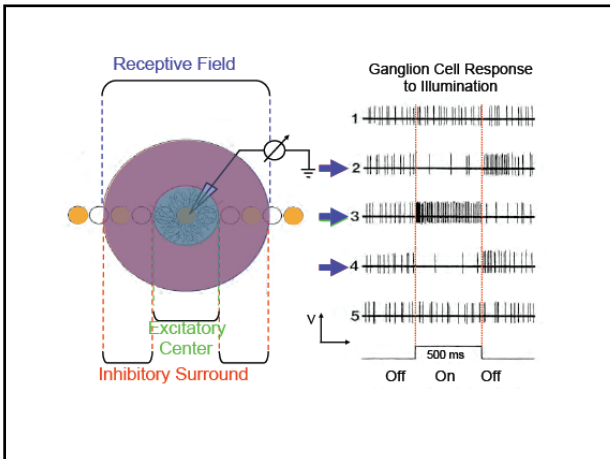
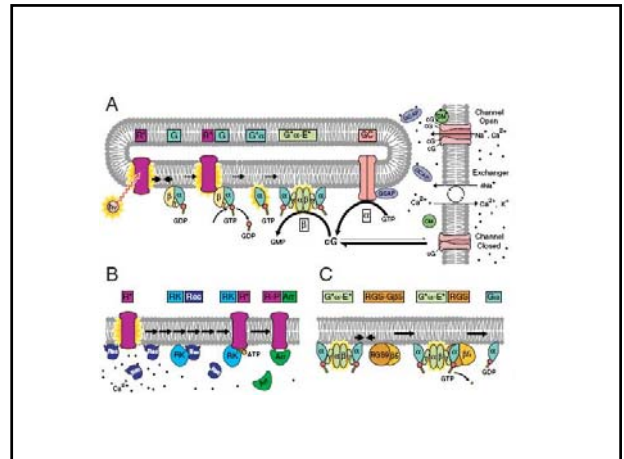
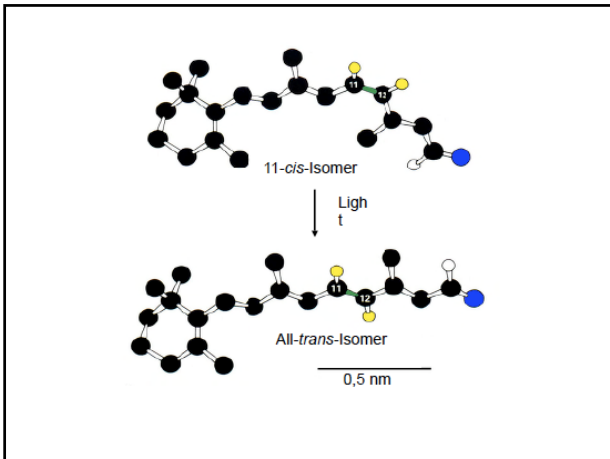


Amit tudunk ...



Nyugalmi állapotban - sötétáram





Kis kitérő – a szem védelme

- 1) A szemgödör (orbita), mely nehéz zsírréteggel van kipárnázva
- 2) A szemhéj
 - 1) Pislogás – akaratlagos vagy akaratlan (4 mp-ként, de eseti)
 - 2) Nedvesíti a szem elülső részét, véd, csökkenti a vakító fény mennyiségét
- 3) Könnyek
 - 1) Felső szemhéj alatti mirigy választja ki
 - 2) Mikroba elleni védőanyagot tartalmaznak – baktériumok elleni védelem
 - 3) Kímossa a szennyeződéseket
 - 4) „beolajozzák” a szem felszínét

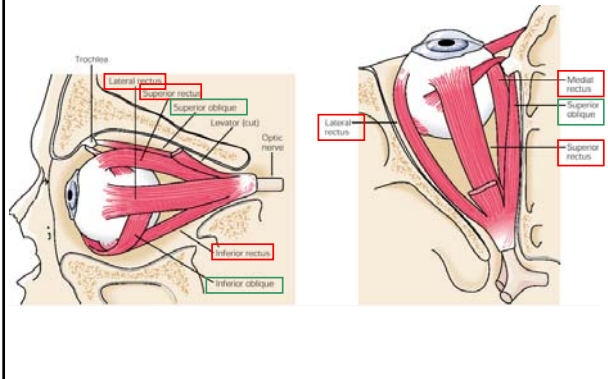
A szem felépítése – a szem kívülről

- Avagy: a szem mozgása a szemkörüli izmok segítségével

A szemkörüli izmok

- 6 szemmozgató izom látja el a szem mozgatását – 3-3 agonista/antagonista pár
 - Horizontális, vertikális, torziós mozgatás
 - 4 egyenes (rectus) izom – felső, alsó, középső, oldalsó (superior, inferior, medialis, lateralis)
 - 2 ferde (oblique) izom – felső, alsó (superior, inferior)

Egyenes és ferde izmok

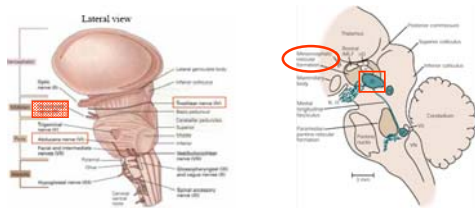


Beidegzésük

- 3 agyideg idegzi be az izmokat
 - III.: Nervus oculomotorius
 - IV.: Nervus trochlearis
 - VI.: Nervus abducens

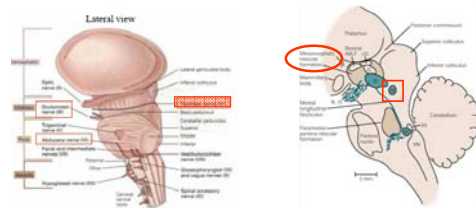
Nervus oculomotorius (III.)

- Közös szemmozgató ideg – a 6 izom közül 4-et (az alsó ferde izmot, valamint az egyenes izmok közül a felsőt, az alsót és a középsőt) és a szemhéjemelő izmot idegzi be
- Eredése: motoros magvai - középgagy, mesencephalikus formatio reticularis (colliculus superiorban)



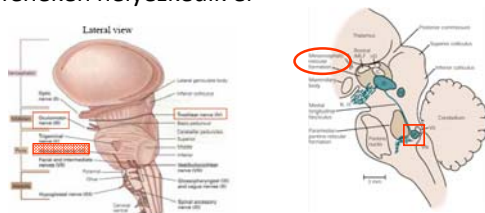
Nervus trochlearis (IV.)

- Sodorideg – egyetlen szemizmot, a felső ferde izmot idegzi be
- Eredése: magva a III. magvának caudális folytatásában, szintén a középgagyban van (a mesencephalonban, a colliculus inferiorban)



Nervus abducens (VI.)

- Távolító ideg – az oldalsó egyenes izmot idegzi be
- Eredése: magva a hídban, a 4. agykamra fenekén helyezkedik el

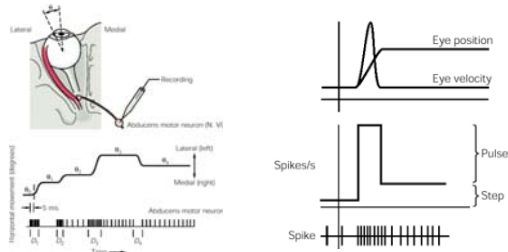


Mire kellene a motoneuronok?

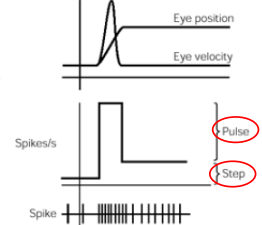
- Ők jelzik a szem helyzetét és sebességét – az izmok felé küldik a motoros jeleket
- A szemek szembgödörben történő mozgatásának problémája két külön eredményt von maga után
 - A mozgás **AMPLITÚDÓJÁNAK** kontrollálása (milyen messzire menjen?)
 - A mozgás **IRÁNYÁNAK** kontrollálása (merre menjen?)
- A szakkád **AMPLITÚDÓJÁT** a 3 oculomotoros nucleuson belüli *alacsonyabb-szintű* motoros neuronok aktivitása határozza meg
- A szakkád **IRÁNYÁT** az határozza meg, hogy melyik izom aktív, melyet az agytörzsben lévő 2 elkülönült tekintet-központban lévő *premotoros neuronok* aktivitása irányít

A szakkádok neurális kontrollja

- A szemkörüli motoros neuronok kisülési frekvenciája közvetlenül arányos a szem pozíciójával és sebességével

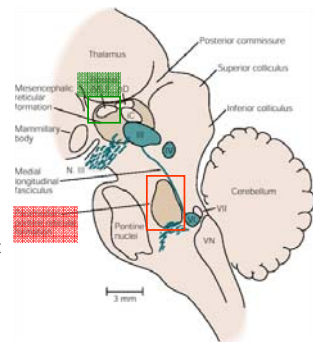


- Így a motoneuronok szakkádikus jelének alakja egy *pulzusból* és egy *lépésből* áll
- A *lépés magassága* a szakkád *amplitúdóját* határozza meg, míg a *pulzus magassága* a szakkád *sebességét*
- A *pulzus tartama* a szakkád *időtartamát* határozza meg
- A *pulzus a fázisos jel*, mely mozgás-parancsot ad a szemnek
- A *lépés a tónusos jel*, mely azt a parancsot adja a szemnek, hogy maradjon egy bizonyos pozícióban



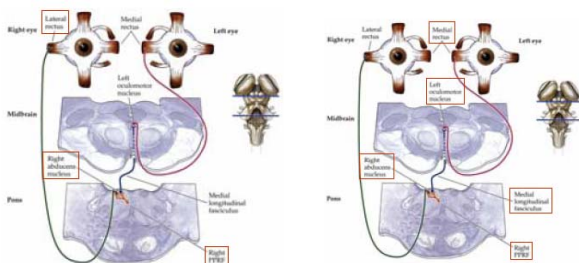
- A szakkádok *irányát* premotor neuronok irányítják, melyek a *formatio reticularis* két tekintet-központjában vannak

- Horizontális** tekintet központ
 - Paramedián hídi formatio reticularisban
- Vertikális** tekintet központ
 - Rostrális intersticiális nucleus a középgygi formatio reticularisban



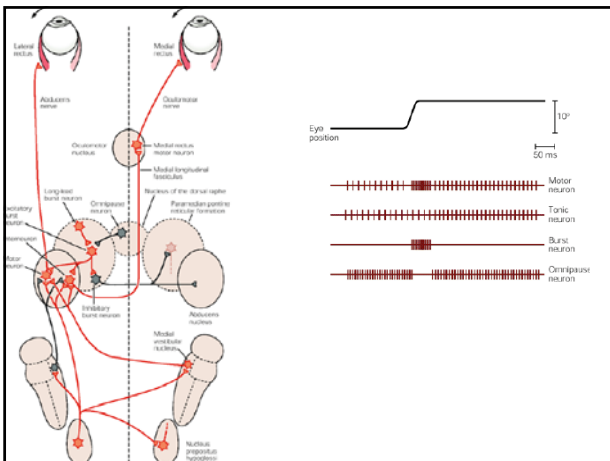
A folyamat

- Jobbra szakkád – jobb oldali paramedián hídi form.ret. premotor neuronjainak aktivitása megemeli a jobb oldali nucl.abd. (a jobb szem oldalsó egyenes izmának beidegzője) alacsonyabb-szintű motoros neuronjainak aktivitását – emellett az emelkedett hídi aktivitás a jobb oldali nucl.abd. interneuronjainak aktivitását is megemeli – ezek axonjai a fasciculus longitudinalis medialison keresztül beidegzik a bal oldali nucl.oculomotoriusban (bal szem középső egyenes izmának beidegzője) lévő alacsonyabb-szintű motoros neuronokat



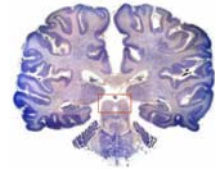
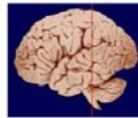
A buliban résztvevő egyéb sejtek

- Paramedián hídi form.ret.-ban *serkentő burst sejtek* adják az abducens motoneuronok fázisos jelét, míg a tónusos jelet a nucl. prepositus hypoglossiban lévő tónusos neuronok adják a fázisos jel integrálásával
- Emellett *gátló burst sejtek* is vannak a hídi form.ret.-ban, melyek egyrészt elhallgattatják a kontralaterális abducens interneuronokat, másrészt az antagonisták motoros neuronjait készítenek pihenésre
- Omnipause sejtek*: a hídi burst neuronokat gátolják, ezáltal meggátolják a szakkádokat. Szakkádok esetén ezeket is le kell gátolni!



Az összekötő – a Colliculus Superior

- A colliculus superior egyrészt motoros parancsot ad a paramedián hídi formatio reticularis burst sejtnek, másrészt trigger parancsot az omnipause sejtnek. Ez utóbbi gyakorlatilag elhallgattatja az omnipause sejtet, így nem gátolják meg a szakkád létrejöttét.



A colliculus superior kapcsolatai

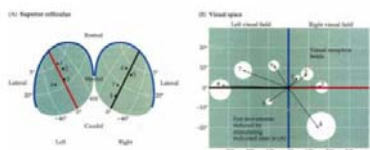
- Mind a horizontális, mind a vertikális tekintet központhoz küld projekciókat – ezen küldi a motoros parancsokat, melyeknek köszönhetően a szemet egy jövőbeli új pozícióba mozgatja annak érdekében, hogy a célinger a foveára essen

Szerkezete

- Sok rétegből áll, de funkcionálisan két élesen elkülönülő rész
 - 3 felső réteg: direkt bemenet a retinából és V1 ellenoldali látótérből projekció; vizuális ingerekre válaszoló sejtek
 - 2 középső/mélyebb réteg: magasabb vizuális területek vizuális információi és motoros információ a frontális szemmezőből (FEF, frontal eye field) – multiszenzoros topografikus leképeződés jellemzi
 - A két típusú réteg aktivitása független egymástól
 - Út: felső réteg – pulvinar – Thalamus – kéreg – középső réteg

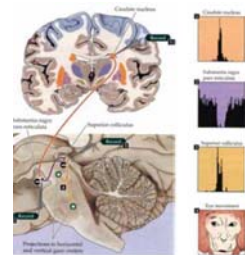
Topografikus motoros térkép

- Azon neuronok hozzák létre, melyek nagy frekvenciájú akciós potenciálokkal sülnék ki közvetlenül azon szakkádok előtt, melyeket egy bizonyos vektorral lehet leírni (van irányuk és amplitúdójuk, és ezek függetlenek a szem eredeti pozíciójától)



A colliculus superiort gátolják a bazális ganglionok

- GABAerg gátló projekció a CS-ba a substantia nigra pars reticularisából. Ezen struktúra neurális aktivitása tónusosan gátolva tartja a CS-t, hogy megelőzze a nem akart szakkádokat
- Akaratlan szakkád esetén ezt a gátlást csökkenti a nucleus caudatus, melyet a kéregből jövő jelek aktiválnak



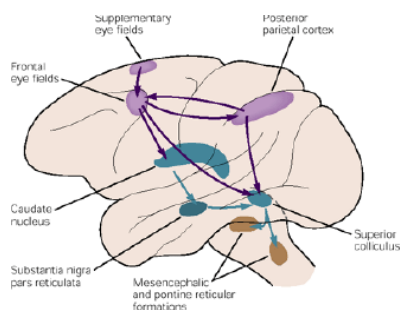
A CS-t két kérgi régió kontrollálja

- Posterior parietalis kéreg
 - A szakkádok vizuális irányításában játszik szerepet; szelektíven csak a viselkedésünk szempontjából releváns vizuális ingerekre aktiválódik.
- Frontális szemmező (FEF, frontal eye field)
 - Speciális mozgás-jelet küld a CS-nak
 - Szakkádok előtt 3 különböző típusú sejt sül ki
 - Vizuális – vizuális ingerekre válaszol
 - Mozgásfüggő – közvetlenül szakkád előtt és alatt tüzel, de nem válaszol azokra a vizuális ingerekre, melyek nem a szakkád céltingerei
 - Vizuomotoros – mind vizuális, mind mozgásfüggő aktivitás, legerősebb kislülés vizuálisan irányított szakkád előtt

Kognitív aspektusból fontos területek

- Supplementer szemmező (SEF): a SMA legrostrálisabb része, a szakkádot nem irányként, hanem mint egy célinger része írja le
- Dorsolaterális prefrontális kéreg: emelkedett aktiváció, ha oda kell szakkádot irányítani, ahol régebben volt valami (emlékeznie kell rá, hol volt a célinger)

Szemmozgásban érintett területek



Felhasznált irodalom

- Sekuler, R. – Blake, R.: Észlelés. Osiris Kiadó (2. fejezet)
- Kandel – Schwartz – Jessel: Principles of Neural Science. McGraw Hill (39. fejezet)