

A tavasszal indult Digitális Állatkert ZooTanoda sorozatunkat folytatva most ősszel is készítettünk a pedagógusoknak és az otthon gyerekeikkel foglalkozó szülőknek a digitális oktatás óráin felhasználható segédanyagokat. Népszerű oktatási témáinkat és az érettségi témaköröket figyelembe véve készítettük az oktatási csomagjainkat, melyek letölthetőek, nyomtathatóak és összefűzhetőek és a járvány elmúltával az állatkerti iskolai programok, tanulmányi órák során is jól használhatóak lesznek.

## AZ ÉRZÉKELÉS BIOLÓGIÁJA

### TARTALOMJEGYZÉK:

1. ÉRZÉKELÉS ÉS ÉSZLELÉS KETTŐSE
2. A MECHANORECEPTOROK
3. A KEMORECEPTOROK
4. A FOTORECEPTOROK
5. A VÁNDORPATKÁNY ÉS ÉRZÉKELÉSE
6. FELADATOK

Készítette:

*Bagosi Zoltán  
Demjén Zsófia  
Koczor-Dombi Rita  
Mirtse Áron  
Szabon Márta*



Ezt a részt úgy állítottuk össze, hogy figyelembe vettük az érettségi követelményekben lévő témaköröket és így, mint kiegészítés - összefoglalásként a tavaszi anyagunkkal karöltve segítség az otthon tanulásban. Fontos megjegyeznünk: ez az anyag az érzékelésnek csak egy kis szeletét érinti, hisz olyan nagy és tág ez a téma, hogy nincs lehetőség minden oldalról részletesen végigtárgyalni.

Tavaszi ZooTanoda Érzékelés - Állati szuperérzékek anyagunk elérhetősége:  
<https://zoobudapest.com/oktatas/digitalis-allatkert/oktatasi-csomag-az-allati-szupererzekekrol>

# ÉRZÉKELÉS - ÉSZLELÉS KETTŐSE

A minket körülvevő világgal való nyílt, dinamikus kapcsolat az alapja a fejlődésünknek. Környezetünk megismerésével alakítjuk, formáljuk azt, miközben mi magunk is változunk, alkalmazkodunk. A megismerési folyamatok (kognitív folyamatok) első megállója a környezeti ingerek érzékelése, felfogása. Ezek az ingerek persze származhatnak belső világunkból is, így kiindulópontja az is, hogy érzékeljük a testünk jelzéseit.



Az **érezékelés** és az **észlelés**, bár szorosan kapcsolódik egymáshoz, de két külön folyamat. Érzékelés az érzékszerveinkben található receptorok által felfogott ingerek segítségével alakul ki, ingerületté (elektromos impulzussá) formálódik és jut el az agy megfelelő központjába, hogy érzetté alakuljon. Észlelés alatt viszont az ingerület tudatosítását és annak integrálását értjük. Az észlelés az érzékszervekre épülő kognitív tevékenység: azon pszichológiai folyamatok összessége, melyek segítségével felfogjuk, rendezzük és jelentéssel ruházzuk fel a környezeti ingerekből származó megfigyeléseket. Az észleléseket számos dolog szabályozza: tapasztalatok, ismeretek, hangulat, adott kultúra stb., valamint nagyon fontos szerepe van benne a tanulásnak is.

Tehát: a környezetünkben lévő **ingereket** (pl. fény, hang, stb.) érzékeljük és ezek ingerület formájában a megfelelő idegpályán a megfelelő agyi központba szállítódnak, ahol tudatosulnak, vagyis például a fényt egy felkapcsolt lámpaként észleljük.

Ám a számos különböző hatás közül nem vagyunk képesek mindent érzékelni; megvannak a biológiai határaink – ezeket hívjuk **küszöböknek**.

Beszélhetünk **abszolút alsó ingerküszöbről**, ami azt a legkisebb ingert jelenti, amelyet már képesek vagyunk érzékelni. Ilyen például hallás esetén a 16 Hz. **Abszolút felső küszöb** esetén a legnagyobb erősségű inger a határ, például a hallásnál a 20 ezer Hz. Létezik egy úgynevezett **különbségi küszöb**, ami a két inger közötti legkisebb eltérés. Ezeket a határokat számos dolog befolyásolja, mint például a fáradtság, hangulat, érdeklődés. Ebből következően egy adott inger érzékelése jelentősen eltérhet más és más egyedeknél/személyeknél.

Az ingerek felvételéért a **receptorok** a felelősek, melyek elhelyezkedhetnek bárhol a testen (többek között bőrön, szembe, fülben stb.). Minden receptor, illetve receptor-csoportosulás rendelkezik egy neki megfelelő **adekvát ingerrel**, ilyen például a szemnek a fény.

Ingerek lehetnek:

- a fény (ember számára látható fény: 380 nm -740 nm),
- a hang
  - o ultrahang: 20 kHz- 200 kHz között, például a denevérek és delfinek hallás tartománya
  - o hallható hang: 16-20 000 Hz között, ez az emberi hallás tartománya
  - o felnőtt ember számára a legérzékenyebb rezgéstartomány: 300-3000 Hz (beszédspektrum)
  - o infrahang: 0-16 Hz között, például az elefántok hallják
  - o fájdalomküszöb: 130 dB
- a bőrérzékletek:
  - o rezgések, nyomás, érintés: a bőr tapintóreceptorai, tapintószőrök, csápok
  - o hőmérsékletérzékelés: hideg-melegreceptorok, például gödörszerv kígyóknál
  - o áramlás és víznyomás: a bőr tapintóreceptorai, halak oldalvonala
- a mozgás:
  - o a fej mozgása: a belsőfül félkörös ívjárata
  - o testrészek helyzetváltoztatása, mozgása és helyzete: receptorok az ízületekben és az izmokban
- a vegyi érzékletek:
  - o szagok: például emberek esetében az orr nyálkahártyája (szaglás)
  - o ízek: például az ajkak és a nyelv ízlelőbimbói embernél (ízlelés)

- az elektromos mező:
  - o Lorenzini-ampullák cápáknál és rájáknál,
  - o elektromos mezők érzékelése például az elektromos angolnánál
- a mágnesesség: földmágnesesség: például a madarak észlelik

A receptorokat különböző szempontok alapján csoportosíthatjuk.

1. Inger forrása a szervezetben: külső (extero-) és belső (interoceptorok)
2. Ingerforrás jellege szerint: kemo- (kémiai), foto- (fény) és mechanoreceptorokról (nyomás) stb. beszélhetünk.

Inger és receptor viszonya alapján beszélhetünk:

- **telereceptorokról** (látás, hallás, szaglás esetében), melyeknél az inger távoli ingerforrásból érkezik
- **kontaktreceptorokról** (ízlelés, tapintás esetében), melyeknél közvetlenül hat az inger a receptorra

A receptorokból ingerület indul, melyet érző/szenzoros idegpályák szállítanak a központi idegrendszer megfelelő területéhez, ahol az feldolgozásra kerül, és ahol kialakul az adott érzet. Nézzünk vázlatosan egy példát: A fény érzékszerve a szem. A szemben a fotoreceptorsejtek a retinán találhatóak (csapok és pálcikák). A receptoroktól a látóidegen keresztül jut el az ingerület a látókéregbe.

A külvilág ingereire minden élőlény válaszol, hisz ez az életben maradásuk egyik alapja. Már az egysejtű állatok is észlelik a rezgéseket, a fényt, a táplálékot vagy fajtársaik jelenlétét, a közeg kémiai összetételét, de még a mágnesességet is.

Az **érzékszerveket** maguk a receptorsejtek, valamint más, a felépítésben, védelemben résztvevő sejtek építik fel. A receptorsejtek módosult érzékelő idegsejtek vagy hám eredetű érzéksejtek.

Az ember esetében öt **alap érzékszervet** különítünk el: szem, bőr, fül, orr és nyelv. Az érzékszervek az ingereket többféle mód érzékelik: modalitás, intenzitás, hely és idő. Például egy hangingert a két fül különböző időpontban és erősséggel észlel, ez a kettő teszi lehetővé a hangforrás helyének meghatározását. Az inger modalitása (minősége) egy fizikai vagy kémiai jelenség: ilyen például a nyomás, íz, hang vagy a hőmérséklet. A modalitást a receptor típusa kódolja, az agyban a megfelelő terület fogadja és dolgozza fel a beérkező információkat, így kialakítva a tudatosan észlelt érzetminőséget.



A továbbiakban az egyes érzékszerveket mutatjuk be, elsősorban az inger jellegének minősége szerinti felosztásnak megfelelően.

# A MECHANORECEPTOROK

Tapintás - mozgás - hallás - áramlás: mi a közös ezekben? Mind a négy esetben mechanoreceptorokról beszélhetünk, melyekre ható ingerek a testet érő külső vagy belső eredetű érintések, nyomások, rezgések és áramlások. A mechanoreceptorok számos helyen előfordulnak: köztakaráó szabad idegvégződéseiben, érzékszerveiben, a belső szervek illetve az izomzat működéséről tájékoztató érzékszervekben, feszültségérzékelő készülékekben, áramlásérzékelő szervekben (pl. oldalvonal szerv), halló- és egyensúlyérzékelő szervekben.

## A gerinctelenek mechanoreceptorai

A gerinctelenek többségénél szabad idegvégződésekből, illetve néhány csillós sejtből és támasztósejtből álló kis szervecskék figyelhetők meg. A **gyűrűsférgekben** a test elülső és hátulsó részén, elszórtan helyezkednek el csillós sejtek és kisebb érzékszervecskék, melyek között találhatóak mechanoreceptorok. Ezek a táplálék azonosításában, felkutatásában vesznek részt kemoreceptorok segítségével. **Puhatestűekben** a férgekhez hasonlóan csillós felszínű sejtek között vannak az érzékelő sejtek, amelyek a kémiai és mechanikai ingereket érzékelik.

Az **ízeltlábúaknál** kezdenek el differenciáltabb mechanoreceptorok megjelenni. Számos rovarfajnál találkozhatunk már tapintószőrökkel, melyek feladata a környezetük letapogatása, de rezgéseket is képesek érzékelni.

## Gerincesek bőrreceptorai

A gerinces állatok számos bőrreceptorral rendelkeznek, melyek lehetnek szabad idegvégződésűek és idegvégtestűek. Azonban mi most csak párat említenénk meg, azokat is az emlősök köreiből.

Szabad idegvégződésű mechanoreceptor a *Merkel-féle tapintósejtek*. Ezek szerepet játszanak a fájdalomérzékelésben és a nyomásérzékelésben.

Számos fajtája van az idegvégtestű mechanoreceptoroknak (pl. Meissner-, Ruffini-, Herbst-, Grandry-, Vater-Pacini-testek). A *Meissner-testek* tapintóreceptorok, az emberi ujjbegyben igen nagy számban találhatóak meg. A *Vater-Pacini-testek* extero- és interoceptorként is működő mechanoreceptorok. Elsősorban nyomásra, húzásra, vibrációra reagálnak.

## Proprioceptorok

Vannak olyan mechanoreceptorok, melyek a testrészek egymáshoz viszonyított helyzetéről, végtagok helyzetéről, helyzetváltozásáról és pozíciójáról tájékoztatják az állatokat. Ezeket nevezzük **proprioceptoroknak**, amelyek a

testtartásban, a végtagok helyzetének és mozgásának szabályozásában, az egyensúlyi helyzet biztosításában játszanak fontos szerepet. Kiinduló szervecskéi az ún. saját reflexeknek. Ilyen például a rovaroknál a **chordotonális szerv**. Ez egy húrszerű együttes, amely a kültakaró alatt feszül. Ingerület hatására megfeszülhet vagy kellő erősségű hang hatására rezegni kezd. Egyesével vagy csoportosan fordul elő ezeknél az állatoknál.

## Hallás- és egyensúlyérző, illetve áramlást érzékelő receptorok

A gerinctelen állatok között hangadó és hallószervekkel főként az ízeltlábúak, közöttük is a rovarok rendelkeznek. Többségük szárazföldi és a levegő vezető közeg a hangképzés és a hallás szempontjából is.

Azok az állatok, amelyek hangot adnak ki, általában hallanak is, hiszen ezt a hangot szabályozni, hallani, észlelni kell. A saját hang fontos szerepet játszik a kommunikációban, párosodásban, egyedek egymásra találásában vagy éppen ellenfél elriasztásában, stb. Vannak olyan fajok, amelyeknek fejletlen a hallása, viszont hallószervekkel nem rendelkeznek. A hallószervek alapvetően egy, a levegő rezgéseire reagáló, akusztikus rezonátorszervből, úgynevezett chordotonális szervből állnak. Legismertebb hangképző állatok a rovarok körében a sáskák, tücskök, szöcskék. A sáskák tympanalis szervei a potroh első szelvényében találhatóak, míg a szöcskéknek az első pár lábban foglal helyet.



*A sáskák ugrólábainak belső oldalán fogazott sáv fut végig, ezt a szárnyukon található recékhez dörzsölik, így ciripelnek.*

Gerincesek esetében a hallás- és egyensúlyérző, illetve áramlást érzékelő érzékszervek közül kettőt emelnénk ki: az **oldalvonalszervet** és a **belső fület**. Mind a kettő ontogenetikus (egyéni fejlődéssel kapcsolatos) és szerkezetét tekintve is közös eredetű, valamint igen nagy a receptorsejtek szerkezeti és működési hasonlósága is.

Az **oldalvonalszerv** mechanoreceptor, porcos és csontoshalakban, valamint kételtűek lárváiban jellemző. Konzervatív érzékszerv – szerkezete, jelentősége törzsfejlődéstanilag nemigen változott. A víz rezgéseit és áramlását érzékeli, ezáltal fontos szerepet tölt be a táplálkozásban, vadászatban és menekülésben.

## Tudod-e?

Egyes halaknál, amelyek zavaros, látást korlátozó vízben élnek elektromos érzékszervek alakultak ki. Az izomzat speciális részeiből kialakult elektromos szerveikkel maguk körül elektromos erőtérrel hoznak létre. Ezeket elektroreceptorokkal érzékelik. Ha ebbe az erőtérbe egy állat úszik, az erőtér megváltozik, eltorzul.

Az emlősök hallószerve a **fül**, amelyet halláson kívül egyensúlyérzékelésre is használnak. Közelebbi és távolabbi hangokat érzékel. Az emberi hallás a következő folyamatokra bontható:

- külső- és középfül felveszi és vezeti a hangokat
- a belső fül a hangokat idegi jelekké kódolja át, amelyeket a hallóideg vezet tovább
- előfeldolgozás és szűrés történik
- majd észlelés – a beérkezett információ kiértékelése a tudat számára
- beszédészlelés

A **hang** rugalmas közegben mechanikai hullámként terjedő rezgés, mely hallószerv által fogható fel. Hangnak nevezzük az emberi beszédet, a zenét, az állatok hangadását, stb. A fülünk által érzékelt hangoknak számos tulajdonsága van, például:

- *hangszín*: egyik legnehezebben megfogalmazható tulajdonsága. Összefügg a hang összetételével, spektrumával. Érdekessége, hogy ugyanabból a hangforrásból érkező hangnak számos hangszíne lehet.
- *hangerő*: mértéke a hanghullám amplitúdójával kapcsolatos, függ a frekvenciától. Azonos hangnyomás mellett a magasabb hangok mindig hangosabbnak tűnnek, viszont ez kb. 4000 Hz-től már nem igaz.
- *hangmagasság*: periodikusságot tartalmaz, főként zenei hangoknál van szerepe.



Többdimenziós hullám



# A KEMORECEPTOROK

A kémiai érzékszervek a gáznemű vagy folyadékban oldott anyagok érzékelésére szolgálnak. Információt nyújtanak az élőhelyről, a táplálékról, másik egyed jelenlétéről, stb. Minden sejtünk képes kémiai ingerek felfogására, és természetesen az egysejtűek is. Ez megmutatkozik egy papucsállatka kemotaxisainál.

Magasabb rendű csoportokban mindenütt jelen vannak azok a jellegzetes sejtcsoportosulások, szervek, melyeket kemoreceptoroknak nevezünk. Ilyenek például a kehelyállatok között a medúzákban a *rhopalium*-nak nevezett peremtestek, melyek fény- és kémiai érzékelésre egyaránt képesek, vagy az örvényférgekben a „fülek” (*auriculák*), stb. Ezek feladatai egyrészt a mechanikai stabilitás biztosítása, de részt vesznek az érzőidegsejtek receptoros részének védelmezésében, íz- és illatanyagok megkötésében, valamint azok érzősejtjeihez való juttatásában is.



Gerinctelenek kemoreceptorai a köztakaró hámrétegében, emésztőtraktusokban, ivarszervben fordulnak elő. Határozott alakú szervek vagy szervecskék ritkán alakulnak ki. Ilyenek a már említett medúzák *rhopalium*-ai (multiszenzoros peremtestek), puhatestűek *osphradium*-ai és kemoreceptoros komplexumai. Utóbbi a köpenyüregben vagy annak bemenetelénél helyezkedik el és a beáramló víz összetételét méri. Ezen felül előfordulnak még kemoreceptorok a szájnyílás környéki köztakaró területeken és tapogatókban is (*tentacularis kemoreceptor komplex*): fontos szerepet játszik a szagérezékelésben, az állatok táplálékkeresésében, illetve táplálékfelvételében és a párosodásban. Az ízeltlábúaknál (főként a rovaroknál) a lábakon, szárnyakon, a potroh végén és az ivarszerveken találunk kémiai érzékszerveket. Náluk főként a táplálék felkutatásában – megszerzésében, nemek egymásra találásában játszanak fontos szerepet.

A szagérezékelés mechanizmusa gerinctelenekben és gerincesekben sejt-szinten igen hasonlóan történik: a szaganyagok sohasem kapcsolódnak közvetlenül érzősejtjeihez, hanem gerincesekben az orrnyálkahártya váladékába, rovarokban például a receptoros lymphába oldódnak bele. A gerincesek

között bizonyos halak rendkívüli szaglószervekkel rendelkeznek. Bizonyos gerinceseknél pedig a szájüregben, illetve a szájgaratüregben tartott táplálék illatának érzékelésére differenciálódott a **Jacobson-féle/vomeronasalis szerv**.

Halaknál a szaglás igen fontos szerepet tölt be az állatok életében. A porcos halak között legendásan jó a cápák szaglása - a tengerbe ömlött vér szagát igen messziről képesek megérezni (1 liter vért megérez 1 milliárd liter vízben).



### **Tudod-e?**

Patkányokban és egerekben az orrüreg alsó és elülső részében foglal helyet a Jakobson-féle szerv, ami a szaglóhám differenciálódása. Vakon végződő kis csövecske, melynek nyílása az orrnyílások felé esik. Patkányok és egerek esetén úgy vélik, hogy a szájban tartott anyag ízén felül a szexuális feromonokat, a fajtársak egyedi illatjelzéseit érzékeli vele az állat.

# A FOTORECEPTOROK

A fény az élővilág szempontjából a legmeghatározóbb. Sötétben valamivel egyszerűbb formában képzelhető el az élet. Fény nélkül nincs fotoszintézis, növényvilág. A legtöbb állat számára a fény: tájékozódás, mozgás, táplálék-megtalálás, stb. - alapvető fontosságú. Szinte nincs olyan tevékenység, amihez ne használná. Mégis bizonyos fajknál másodlagosan a fényérzékelő szervek elcsökevényesedtek, visszafejlődtek és szinte teljes sötétségben élnek (például: barlangi vak állatok, föld alatt élő csökevényes látószervű fajok - vakond és mélytengeri állatok).

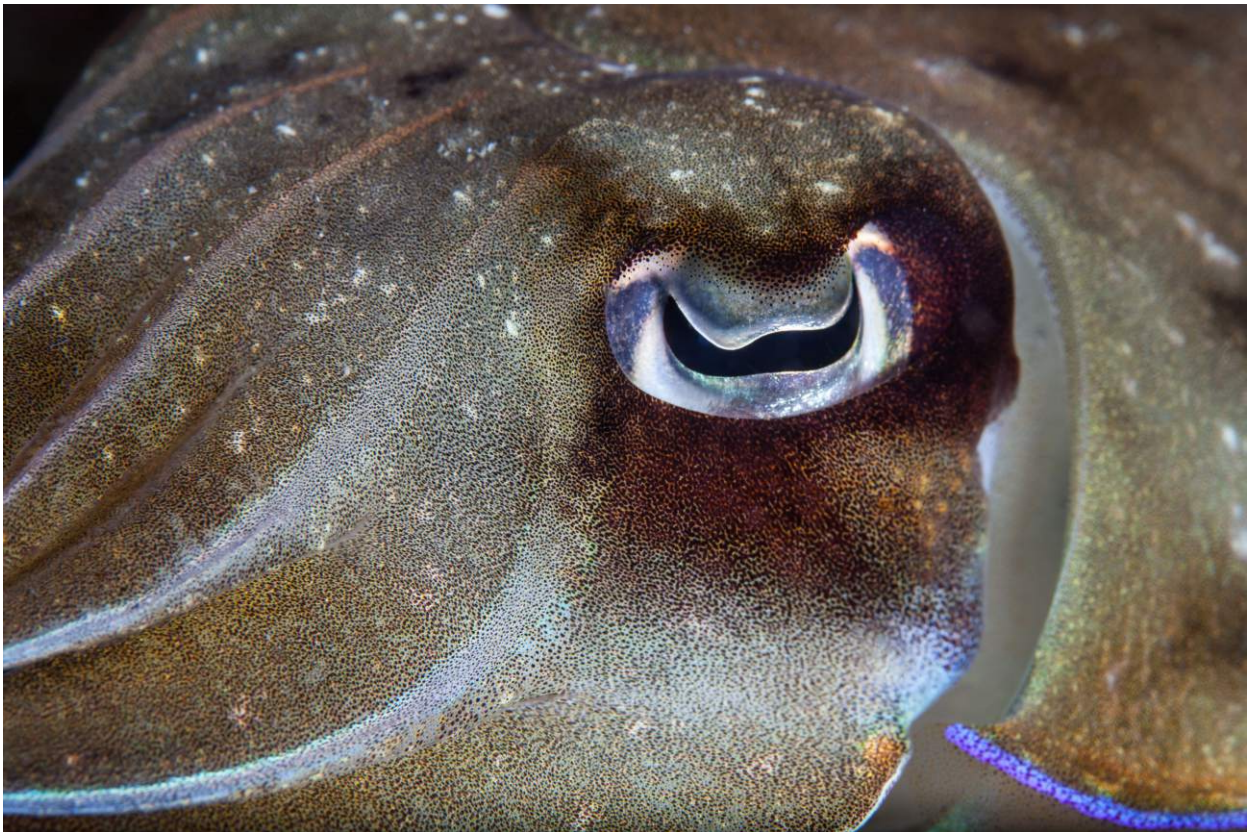
Az állatok között vannak olyan fajok, melyek olyan tartományokat is érzékelnek, amiket mi, emberek nem: az UV (ultraviola) illetve IV (infravörös) sugárzásokat. Például a méhek nem érzékelik a vörös színt, így számukra a vörös virágok szürkének látszanának, ha nem lenne rajta olyan UV minta, amint ugyan mi nem érzékelünk, de ők igen.



Az ember természetesen érzékeli a meleget, de IV sugárzás alapján nem tud különbséget tenni tárgyak között. Nem úgy, mint például bizonyos kígyók, amelyek a hőkisugárzásokat is figyelembe véve tájékozódnak.

A fény érzékelésénél első és legfontosabb lépés: az **abszorpció**. Erre minden sejt membránja (még ha kis mértékben is) képes. A fény befogadása energiát jelent a sejt számára, mely erre a többletenergiára reagál. A fényérzékelő sejtekben számos olyan anyag van, melyek a fényt képesek elnyelni, hatására gerjesztődnek és adott esetben bomlani kezdenek. A továbbinduló ingerület e bomlástermékek hatására jön létre egy bonyolult kaszkádreakció eredményeképpen.

Puhatestűekben a látószervek szerveződése szempontjából igen nagy változatossággal találkozhatunk: a kagylóknál fényérzékelő sejtek foglalnak helyet a köpeny szegélyén, csigákban tapogatók tövéénél vagy azok csúcsán található meg a szemek és végül a lábasfejűeknél kialakult az igen differenciált szerkezetű *hólyagszem*. Utóbbi a gerinctelenek között a legfejlettebb, felépítése a gerincesek szemgolyójához igen hasonló, ámde fejlődése attól gyökeresen eltérő: a lábasfejűek szeme a testfal illetve a hámréteg származéka és betűródéssel fejlődik, a gerincesek szeme pedig a központi idegrendszerből indul fejlődésnek.



### Tudod-e?

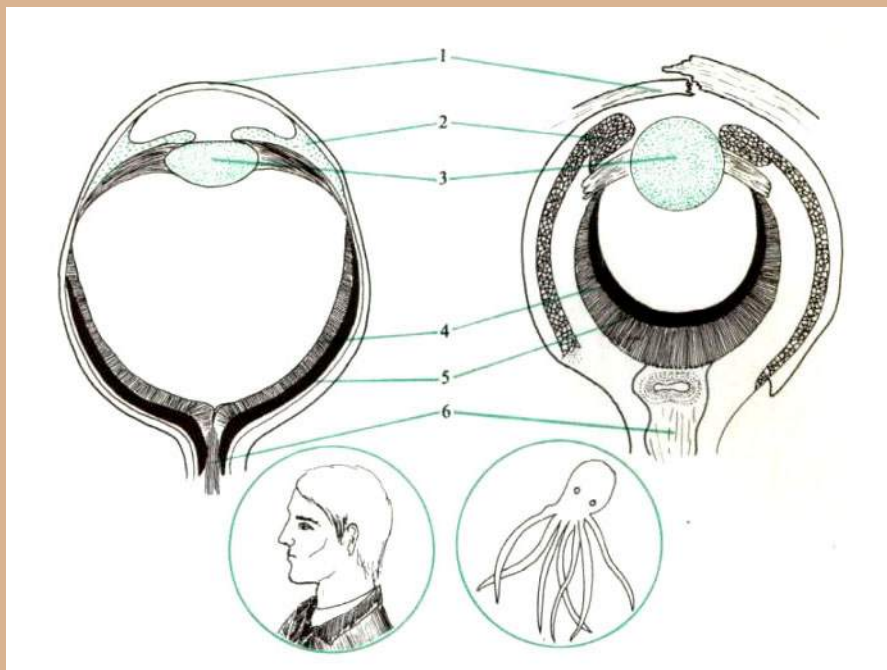
A csigáspolipok (nautilusok) még nem rendelkeznek szemlencsével, viszont a nyolc- és tízkarú polipok már igen.

A rovarok körében két alapvető szemtípust különíthetünk el: **összetett** (*oculi compositi*) és **egyszerű** (*ocelli*) **szemek**. Ezek számos fajnál egyszerre fordulnak elő, szerepük komplementer kell, hogy legyen. Azonban félrovaroknál például egyáltalán nem alakultak ki fényérző szervek, míg barlangi fajoknál másodlagosan elcsökevényesedtek. Maga a szem a fejen található, például az

indonéz nyelesszemű légy esetében az összetett szemek olyan hosszú nyeleken ülnek, hogy nagyobb a távolság a két szem között, mint a kifeszített szárnyvégek között.

## Tudod-e?

Everz szemtípussal rendelkeznek többek között a rovarok is (de például a lábasfejűek is). Erre a szemre jellemző, hogy a fény felé fordulva foglalnak helyet a receptorsejtek. Ehhez képest a mi szemünk **inverz** típusú szem: a receptorsejtek a beérkező fénynek háttal helyezkednek el.



*Inverz és everz szem (Forrás: Google.com)*

Az egyszerű szem látótere nagy, például a bársonylegyeknél a horizontális síkban akár 360 fokot is megközelítheti. Az egyszerű szem neve megtévesztő: bár viszonylag egyszerű szerkezetűek, de a hozzájuk tartozó neurális apparátus differenciáltsága és kiterjedése bonyolultabb, mint ahogy azt a neve sejteti. Fényérzékenységük és spektrális (színképpel kapcsolatos) érzékenységük igen széles határok között mozog. Feladatuk az általános fotostimulálás, valamint nagyobb fényérzékenységükből kifolyólag erősítik például alkonyattájt a fény által kiváltott vagy irányított reakciókat, mozgásokat. Emellett vannak fajok (pl. sivatagi hangyák), ahol az ocellusok képesek érzékelni az égbolt polarizációs mintázatát és ezzel úgynevezett égi iránytűvé válhatnak számukra.



Az összetett szemek javarészt úgynevezett ommatidium egy-  
ségekkel épülnek fel. Ezek kö-  
zött vannak kép- és színlátás  
szempontjából nagy teljesít-  
ményűek. A szemek felbontó-  
képessége az ommatidiumok  
számától függ, a látótérben  
végbemenő minden mozgásra  
reagálnak, melyet az agydúcuk  
dolgoz fel, ezért van az, hogy  
például nem repülnek neki min-  
den üvegfelületnek.

Az összetett szem nappal és éjjel, illetve szürkületben aktív rovarfajoknál eltérő szerkezetű. Elkülönítünk appozíciós és szuperpozíciós szemeket. **Appozíciós szemmel** rendelkeznek a nappal aktív rovarok, aminek fénykihasználtsága viszonylag csekély, de a felbontóképessége nagy. Legyeknek és méheknek van ilyen szemük. **Szuperpozíciós szeme** a szürkületi és éjjeli állatoknak van: ellentétben az appozíciós szemmel, ennek fénykihasználása nagy, ám a felbontóképessége csekélyebb.

### Tudod-e?

Különlegessége számos ízeltlábúnak, hogy képesek érzékelni a polarizált fényt (annak intenzitását, rezgéssíkját, stb.). Ilyen fejlett érzékenységgel rendelkeznek például a legyek, méhek, cserebogarak. A nappali állatoknál az égbolt polarizáltsága még egy órával napnyugta után is detektálható, míg az éjjeli állatok, mint a pávaszemek számos képviselője a Hold fénye által kiváltott polarizációs mintázatát is érzékelik.

A gerinces állatok látószerve alapvetően az előagyból fejlődő, **páros oldalsó szemek**, amelyek a föld felszínén vagy közelében végbemenő változásokat, mozgásokat érzékelik. A szem egy olyan érzékszerv, amely az elektromágneses sugárzás fény tartományának különböző nanométeres spektrumát képes érzékelni. Különböző fajok különböző abszorpciós spektrumban érzékelik a fényt. A szem az állatvilágban rendkívül változatos, sokféle lehet. A legtöbb gerinces kétszemű. Ez a két szem több esetben ugyanabba az irányba néz, így egyetlen térbeli képet hoz létre (például főemlősök, baglyok, stb.); máskor pedig eltérő irányba néznek, és látóterük csekély átfedésben

van; az ilyen állatok térlátása rossz, viszont látómezejük széles (például patások, récék, stb.). Néhány állat szeme egymástól függetlenül mozgatható, így eltérő irányba fordítva két külön képet hoz létre (például kaméleon).



Az emberi szem a látás érzékszerve, mely a környezetből származó, azokból eredő vagy róluk visszaverődő fénysugarak érzékelésére szolgál, és optikai rendszerével leképezi azok alakját, térbeli helyzetét és színét. Ez a kép jut idegi ingerület útján a központi idegrendszerbe, ahol kialakul a **tudatos látás**. Az ember számára a legfontosabb érzékszerv. A fény érzékelésére speciális fotoreceptorsejtek találhatóak a retinában (ideghártya). Ezek a **pálcikák** és a **csapok**. A pálcikák főként az alacsonyabb intenzitású fényre érzékenyek, míg a csapok erősebb fényingert igényelnek és ezek felelősek a színlátásért és az éleslátásért is.

## Színlátás

Bár a színlátás nem csak gerincesekre jellemző, de anatómiailag itt ismerjük a legrészletesebben.

A **szín** egy fiziológiai érzet, melyet a látható fény hullámhossza határoz meg minőségében. Tehát egy adott tárgy színe attól függ, hogy milyen hullámhosszúságú fénysugarak érkeznek róla a szemünkbe. Színek sajátosságai a színezet mellett a világosság (fény intenzitása) és a telítettség (szín tisztasága). A retinán található csapok fényre adott válaszainak együttes eredményeként alakul ki a színlátás. A csapok a látható fény csak bizonyos spektrumára érzékenyek és csak a beérkező fény mennyiségéről adnak információt, a fény hullámhosszáról nem (*univariancia elve*). Az emberi szem számára a látható fény hozzávetőlegesen 380 nm és 740 nm közötti skálán

mozog. Ezt a tartományt háromféle csapsejt-típussal fedi le (S, M, L típusok). Az ilyen **trikromát szemnek** nevezzük. Minden csapsejt-típus csak egy bizonyos hullámhosszú fényre érzékeny. Egy adott csaptípus a hullámhosszak széles tartományát képes elnyeli. Viszont ezek a tartományok (főleg M és L csapok esetén) átfednek.

Típus	Név	Érzékenységi csúcs
S (short) - kis frekvenciájú	$\beta$	420-440 nm
M (médium) - közepes frekvenciájú	$\gamma$	534-545 nm
L (long) - nagyobb frekvenciájú	$\rho$	564-580 nm

Az univariancia elve alapján csak egy fotoreceptorsejtet tartalmazó szemet **monokromát szemnek** hívunk (*monokromatikus színlátás*), ami nem képes a színlátásra (színvakság), hiszen képtelen az egyes hullámhosszokat megkülönböztetni egymástól. Például félhomályban minden ember monokromát látású, mert a gyenge fényre csak a pálcika receptorsejtek aktíválódnak, és az agy ennek segítségével építi fel a képet, ami szürkeárnyalatos lesz. A két típussal rendelkező szem (*dikromatikus színlátás*) néhány információt ugyan ki tud vonni a beérkező hullámhosszokból, de nem tudja pontosan szétválasztani, így könnyen összezavarható, hisz egy adott válaszpár aránya elérhető különféle hullámhosszú fények összetételével.

Egy érdekes videó a színlátáshoz kiegészítésképp:

[https://youtu.be/vMepcQ\\_RSrE](https://youtu.be/vMepcQ_RSrE)





*Az állatvilág szemeinek egy kis szelete (Forrás: Fife Zoo Facebook)*

A legtöbb emlős az elterjedt elképzeléssel szemben nem színvak, hanem **dikromát** (kék és zöld csaptípusok vannak jele a szemükben). Az első Triász kori emlősök még trikromátok voltak, de a nagyobb hullámhosszak látásának képessége elveszett a méhlepényes emlősök ősenél, amely éjszakai életmódú volt. Ennek ellenére az erszényeseknél megmaradt, amelyekre a mai napig a trikromatikus látás jellemző.

Az óvilági majmok (köztük az ember is) egy génduplikációval nyert egy újabb csaptípust (ez a piros), ami a színmegkülönböztetés (gyümölcsök megkülönböztetése) mellett a kommunikációban is szerephez jut. Az újvilági majmok esete érdekes: a hímek dikromátok, de a nőstények nagyobb százaléka trikromát. Természetesen itt is akad kivétel: a bögőmajom fajoknál trikromácia, míg az éjímajomféléknél a monokromácia a jellemző. Érdeemes megemlíteni még a méhlepényesek között a tengeri emlősöket, akik monokromatikus látással rendelkeznek.

## Tudod-e?

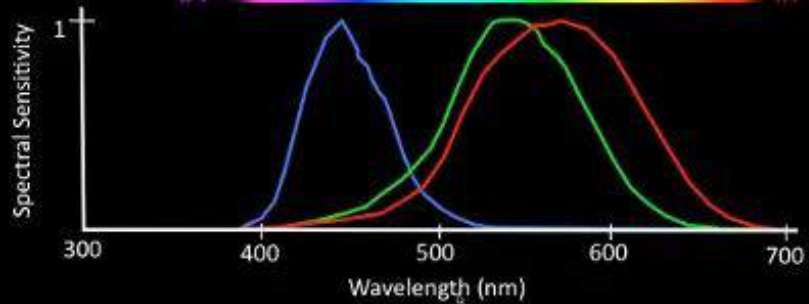
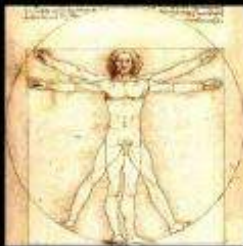
Számos madár rendelkezik négyféle csaptípussal (vörös, zöld, kék, ultraibolya), a nappali lepkék pedig ötféle színérzékelő sejttel bírnak, így jóval könnyebben megkülönböztetik a hasonló színeket.

Van azonban egy ízeltlábú, amely a színlátás mestere: ő a nagy sáskarák. 16 eltérő fotoreceptor-sejttel rendelkezik, így képes az

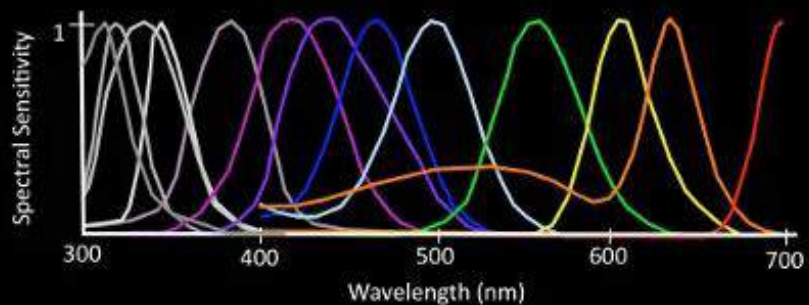
ultraibolya és a látható tartományban is látni, illetve észleli a polarizált fényt is. A szemek szerkezete és működése is különleges. Látószervük közepén hat sorba rendeződnek a szemeik. Az első négy sorban az ember számára is látható tartományt és az ultraibolya tartományba eső fényt képesek detektálni, míg az utolsó két sorban precízen pozicionált kis szőrszálak találhatóak, melyek segítségével képesek a polarizált fényt érzékelni. Amikor a látószervük fókuszál, mind a két szemben belül három-három alrész összpontosít ugyanarra a dologra, így képesek akár egyetlen egy szemmel is a térlátásra.



*Homo sapiens*



*Neogonodactylus oestedii*



# A VÁNDORPATKÁNY ÉS AZ ÉRZÉKELÉS

Állatkertünkben zoopedagógiai foglalkozások alkalmával, számos alkalommal találkozhatunk testközelben is állatokkal, úgynevezett kontaktállatokkal. Ilyen állatok közé tartoznak a vándorpatkányok is.

A patkányok rendkívül okos, fejlett intelligenciával rendelkező állatok. Számos ügyességi feladatot gyorsabban és jobban oldanak meg, mint az ember. Memóriájuk rendkívüli. A tévhitekkel ellentétben nem csupasz a farkuk: ha megfigyeljük, apró szőröcskék találhatóak rajtuk. Ez a kevés szőr hőleadás szempontjából fontos számukra. A vándorpatkány alapvetően éjszakai életmódú, sötétben aktív állat, de mivel igen alkalmazkodóképes, kultúrakövető faj, ezért nappal is mutat aktivitást.



*Képen Kökörcsin, az egyik bemutatós patkányunk látható*

Ugyanúgy, mint nekünk, nekik is megvan az 5 alap érzékszervük: hallás (fül), szaglás (orr), tapintás (talp, orr), látás (szem) és ízlelés (száj és nyelv).

**Látásukról** sokat azt gondolják, hogy nem oly jó, hisz sötétben nem láthatnak túl sokat, de fontos megemlíteni, hogy bár nem ez az elsődleges és legjobb érzékszervük, de viszonylag jól látnak.

Az elmúlt években kutatók vizsgálták a szemük mozgását futás és egyéb mozgás közben. Mini kamerákat szereltek patkányok fejére és figyelték viselkedésüket a Tübingern-i Max Planck Biológiai Kibernetikai Intézetben. Azt látták, hogy futás közben a két szemüket ellentétesen mozgatják. A szemmozgás iránya a fejük helyváltoztatásától függ. Elemzés után kiderült, hogy a patkányok képtelenek egyetlen képpé egyesíteni a vizuális információt. Ennek oka, hogy arra összpontosítanak, hogy könnyebben észrevegyék a természetes környezetükben előforduló ragadozóikat. A patkány szeme a fej két oldalán helyezkedik el, hogy látómezőjét növelhesse a rá veszélyes állatok miatt. Viszont egy háromdimenziós képhez a két szem látómezejének fedésben is kell lennie. Tehát a patkány látása egyszerre két ingert is ki kell, hogy elégítsen: a lehető legnagyobb védelmet és részletgazdag képet nyújtson számára.

## Tudod-e?

Mikor egy patkány lefelé irányítja a fejét, a szemek az orrheggyel ellentétes irányba mozdulnak. Ahogy emeli a fejét, úgy mozdulnak a szemek előre - tulajdonképpen kacsintanak. Ha billenő állásba kerül a fej: az alsó oldalon lévő szem lefelé, a felsőn pedig felfelé mozdul. Ez mutatja azt, hogy mindig igyekszik egyik szemét az égen tartani, veszélyt keresve. Elmondható, hogy a vizuális rendszerük alkalmazkodott az életkörülményeikhez.

**Hallásuk** kifinomult, kiválóan tudják az apró neszeket is megkülönböztetni. Fülük nagy, jól látható, formája pedig segít begyűjteni a hangokat a környezetből. Hangadási és hallási tartományuk jóval az emberi felett van: míg az ember hallástartományának felső határa 20000 Hz, addig a patkányoké 50000 Hz körüli. Alsó értékhatára 200 Hz körül van, ami az emberi beszédhangjának felső értékhatára (85-255 Hz).

## Tudod-e?

A patkányok képesek ultrahangot is kiadni és felfogni. Tulajdonképpen ezzel is képesek kommunikálni. Nevetésükkel kapcsolatban egy igazán érdekes videó:

<https://www.youtube.com/watch?v=d-84UJpYFRM>




*Képen Bodza, az egyik bemutatós patkányunk látható*

minden kis nyomást megkülönböztetnek. Képesek megfogni is az ételt - persze nem úgy, mint mi.

**Ízlelésük** részletgazdag: szaglással egybekötve nagyon sok illatot, szagot, ízt képes megkülönböztetni egymástól. Ezért is nehéz például mérgezéssel kiíratni őket. **Szaglásuk** kifinomult: orrukat folyamatosan mozgatva szaglásznak a levegőben: ételt keresve.

**Tapintásuk** nem olyan közismert: mind a négy lábuk szőrtelen, puha talpgumóik vannak, melyekkel



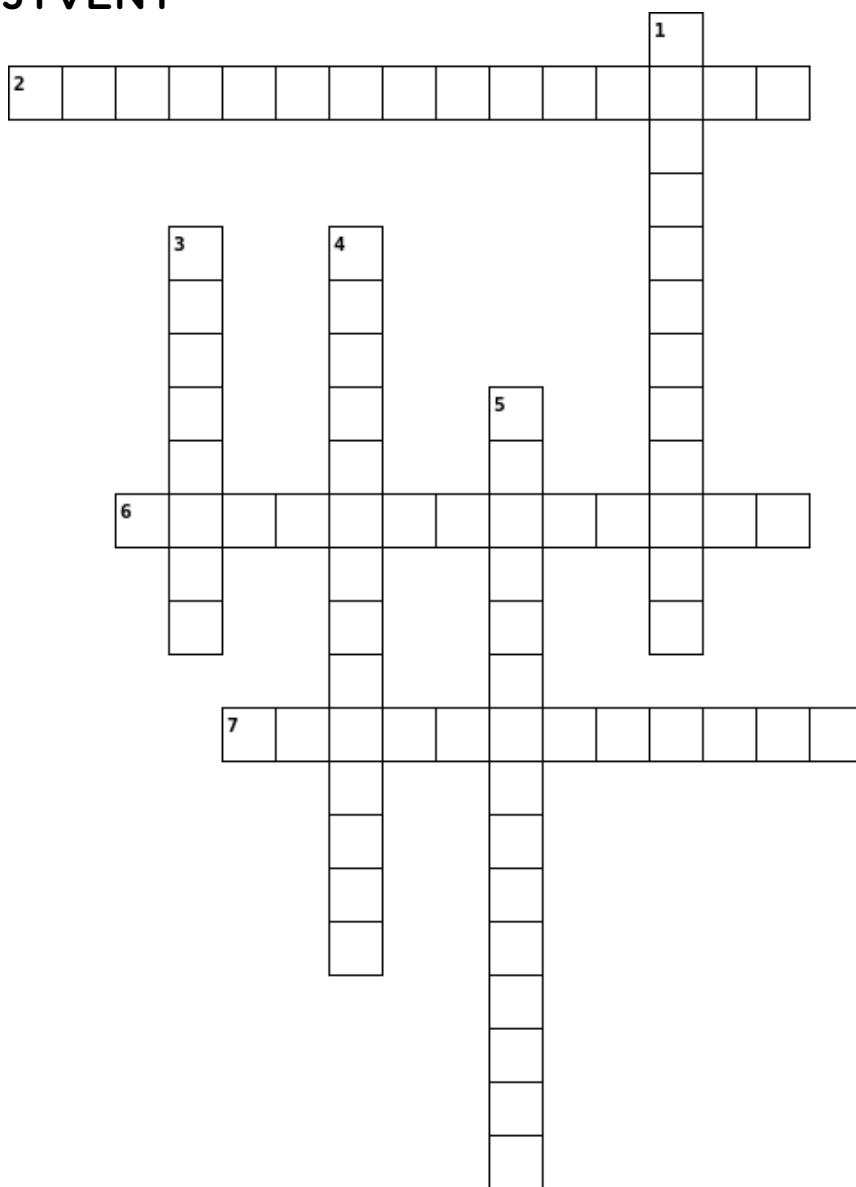
Rendelkezik egy extra érzékszervvel, mellyel számos más emlős is rendelkezik, ez pedig a tapintószőrük: a **bajszuk**. Ezek olyanok, mint a mi ujjbegyeink – apró kicsi részleteket tudnak vele letapogatni és érzékelni. Viszont nem csak ebben segítik őket, hanem például tárgyak, anyagok hőmérsékletét vagy kémiai összetételét is képesek érzékelni velük, sőt még a legfinomabb szellőből is ki tudják „olvasni”, hogy a kanyargós csatornarendszerben hol található a legközelebbi kijárat.

Tavaszi ZooTanoda kínálatunkban Kökőrcsinről és kis csapatáról készült naplóbejegyzéseket megtalálhatjátok az Állatkert oldalán a Digitális Állatkert ZooTanoda tavaszi anyagai között (összesen 8 rész).



# FELADATOK

## KERESZTREJTVÉNY



### Vízszintesen

2. Áramlásérző szerv halakban és kételtűek lárvaiban.
6. Olyan mechanoreceptor, mely a testrészek egymáshoz viszonyított helyzetéről, helyzetváltozásáról és pozíciójáról tájékoztatja az állatokat.
7. Ez a neve a külső forrású inger felvevő receptornak.

### Függőlegesen

1. A gáznemű vagy folyadékban oldott anyagok érzékelésére szolgáló receptor.
3. Ez az állat 16 eltérő fotoreceptorsejttel rendelkezik.
4. Olyan szemtípus, ami csak egy fotoreceptort tartalmaz.
5. Olyan receptor, melyre ható ingerek a testet érő külső vagy belső eredetű érintések, nyomások,

# SZÓKERESŐ

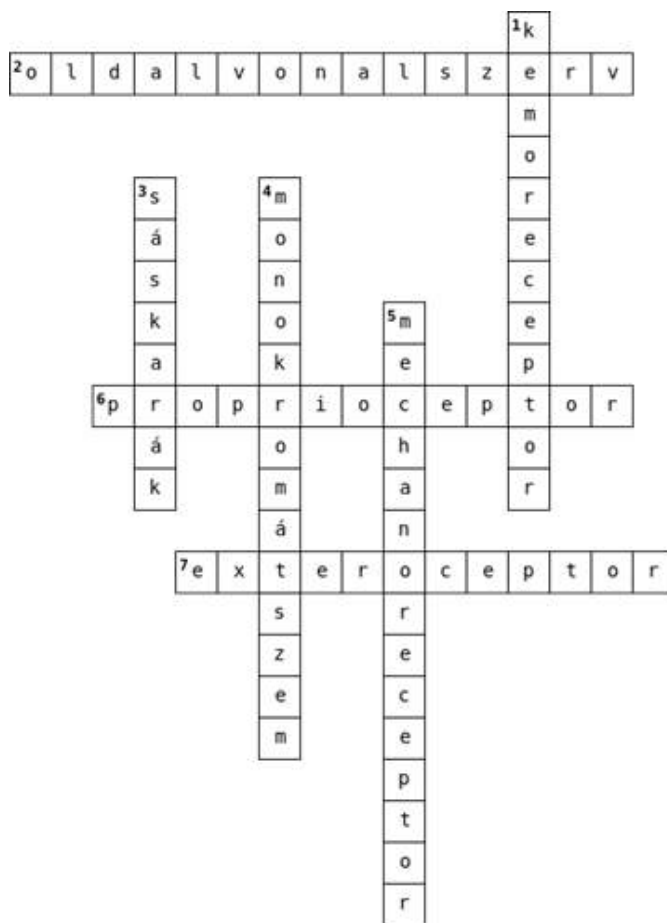
Keressd meg a következő szavakat!

OCELLI, ADEKVÁTINGER, ULTRAHANG, INFRAHANG,  
OMMATIDIUM, EXTEROCEPTOR, INTEROCEPTOR,  
FOTORECEPTOR, MECHANORECEPTOR, KEMORECEPTOR

Q	S	K	A	M	C	A	T	I	W	K	E	M	O	R	E	C	E	P	T	O	R	Z	G	D
J	J	P	M	M	O	Y	V	Y	A	B	K	Q	V	I	Q	B	R	W	I	Y	F	C	T	I
S	O	L	S	Q	E	U	M	G	G	D	X	K	L	B	P	Z	W	L	N	R	J	P	I	T
F	D	M	L	Y	C	C	L	N	A	A	E	A	P	B	W	B	W	H	A	M	V	D	S	K
W	O	M	M	R	A	W	H	L	N	T	E	K	A	Z	F	P	F	W	K	U	S	X	K	L
L	O	D	U	A	P	F	Q	A	X	U	E	A	V	U	G	W	M	K	K	R	P	M	H	L
A	X	V	G	C	T	E	C	A	N	L	V	A	L	Á	C	Y	O	F	G	F	W	V	K	V
Y	L	I	I	K	Z	I	K	B	I	O	X	D	A	N	T	F	Z	J	D	M	V	T	T	F
U	V	T	N	W	F	K	D	J	P	M	R	U	B	E	Z	I	K	Y	T	U	I	C	P	K
N	C	H	C	L	I	G	X	I	C	K	Z	E	L	Q	C	S	N	Q	M	O	N	W	D	F
Q	Y	I	R	Y	I	G	P	K	U	J	S	S	C	T	E	I	S	G	S	N	T	R	C	N
Y	N	H	F	M	L	C	F	G	U	M	L	F	O	E	R	Y	Z	K	E	U	E	O	U	Q
E	C	C	E	R	M	S	S	O	G	M	U	A	Y	C	P	A	Z	X	T	R	R	P	G	D
R	C	F	X	M	G	Z	V	Y	T	E	T	T	O	E	T	H	D	X	X	O	M	Z	K	
H	A	O	T	M	F	Z	H	G	I	O	V	M	H	E	J	L	O	A	E	Q	C	X	R	L
R	W	D	E	W	O	O	Y	N	N	S	R	F	X	A	C	K	L	R	N	T	E	F	Y	D
C	Q	A	R	N	Y	S	Z	M	F	W	P	E	K	O	X	F	G	I	L	G	P	V	D	H
L	M	A	O	N	R	G	B	I	R	V	K	X	C	L	E	F	N	V	B	L	T	D	Y	K
W	B	R	C	J	D	D	I	R	A	U	Q	P	Q	E	Y	N	Q	B	C	I	O	H	W	J
E	C	Z	E	D	F	J	J	K	H	E	A	R	F	W	P	O	K	J	E	O	R	C	T	R
A	U	I	P	U	G	S	W	T	A	Y	C	W	B	A	S	T	Z	S	F	X	U	Y	H	P
P	X	L	T	B	Y	G	S	Y	N	T	E	C	S	D	I	R	O	J	Z	R	M	R	G	X
V	D	V	O	V	L	R	Y	Q	G	I	V	K	L	E	L	J	E	R	T	Q	A	A	J	S
Y	H	P	R	R	A	W	Y	D	L	P	J	R	B	H	F	C	U	B	Z	D	W	H	I	S
D	G	Z	U	X	W	Q	F	O	C	E	N	G	T	Q	C	S	F	K	U	B	M	J	C	Y

# MEGOLDÁSOK:

## KERESZTREJTVÉNY



## SZÓKERESŐ

