

A madarak látószerve

Tóth László*, **

*Magyar Természettudományi Múzeum Mátra Múzeuma
H-3200 Gyöngyös, Kossuth u. 40., Hungary
(email: toth.laszlo@nhmus.hu)

**Károly Róbert Főiskola, Agrár- és Környezettudományi
Intézet, H-3200 Gyöngyös, Mátrai út 36., Hungary
(email: ltoth@karolyrobert.hu)

A madarak látószerve rendkívül fejlett, a szemgolyók igen nagyok, a fej súlyának 1/4-ét teszik ki. A szárazföldi állatok között a strucc rendelkezik a legnagyobb méretű szemmel, a szemgolyó átmérője a szemtengely mentén 5 cm, ami 2,5-szerese az emberének. A szemgolyók alakjuk szerint 3 típusba sorolhatók: lapos, gömb, illetve csöszzerű szem. Utóbbi a baglyokra jellemző, szerepe a szem nagyításának fokozásában van. A megnyúlt alak miatt teleszkópszerűen működik, jobban felnagyítja a távoli objektumokat (pl. kisémlős zsákmányt).

A SZEM FELÉPÍTÉSE

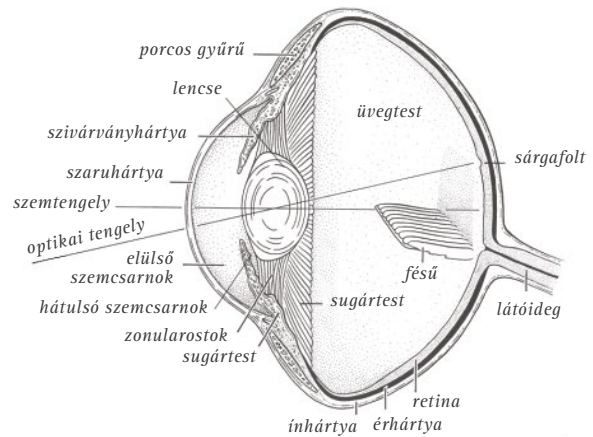
A rostos réteg

A szemgolyó burkát három fő réteg alkotja. Legkívül a *rostos, kötőszövetes réteg* található. Elülső, átlátszó része a *szaruhártya*, a nagyobb, jórészt a szemgödörben lévő pedig az *ínhártya*. Utóbbiban a szemgolyót merevítő *porcgyűrű* alakul ki. Az *akkomodáció (alkalmazkodás)* során a madarak nemcsak a *szemlencse*, de a *szaruhártya alakját* is változtatni tudják.

A vaszkuláris réteg

A *középső réteg a vaszkuláris réteg*. Az *érhártya*, a *sugártest*, a *szivárványhártya (írisz)* alkotja. Ide tartozik a *fésű (pecten)* is, amely benyúlik az *üvegtestbe*. Szerepéről sokat vitáztak (pl. úgy vélték, hogy ez termeli az üvegtestet), feladata valójában a *retina táplálása*, illetve a fény polarizációjának érzékelésében is lehet szerepe (vonulás). Előbbire bizonyíték, hogy az O_2 koncentráció fokozatosan változik a fésűtől az ideghártya felé haladva, továbbá azt is kimutatták, hogy tápanyagok áramlanak a fésűből az üvegtestbe.

A kettősen domború szemlencsét a szemgolyó elülső részében, a sugártestről induló *zonularostok* függesztik fel. Ezek övszerűen veszik körül a lencsét és annak egyenlítői síkjában kapcsolódnak hozzá. A zonularostok nem nyújthatók. A sugártest széles övként húzódik a lencse mögött, körülölelve annak



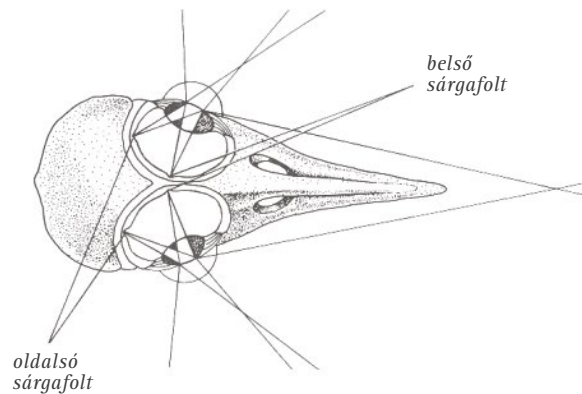
A szem felépítése. Transverse section of the avian eye.

felső peremét. A szivárványhártya a sugártest külső pereméről indul és a szaruhártya felé, a szemlencse elé türemkedik. A szemlencse és a szemfenék közötti teret az üvegtest tölti ki. A lencse és a szaruhártya közötti üreg a *szemcsarnok*, benne a *csarnokvíz* található, melyet a sugártest termel. A szivárványhártya ezt *külső* (szaruhártya felé eső), illetve *belső* (lencse felé eső) *szemcsarnokra* osztja, melyek a szivárványhártya közepén lévő *pupillaryílason* át közlekednek egymással.

Az ideghártya

A szem legbelső rétege az *ideghártya (retina)*. Ennek sugártestre húzódó része kevés érzékszert tartalmaz, gyakorlatilag ott nincs fényérzékelés. A retinában főleg *csapok* találhatóak, ez fejlett *színlátást* biztosít. Az éjszaka vadászó baglyoknál viszont túlnyomórészt *pálcikák* vannak a retinában, ezért *fényérzékenysége* nagyobb. A retina *optikai tengelyében* található a *sárgafolt*, melynek közepén egy kis mélyedés van. Itt a legnagyobb a receptorok sűrűsége, azaz a fényérzékenység. A nappali ragadozó madaraknál a *látásélesség* is itt a legnagyobb. A sasok szemének *felbontóképessége /látásélessége/* megegyezik azzal, mint amikor az ember 6x-os nagyítású távcsőbe néz. A vörös vércse esetében kimutatták, hogy 18 m magasból képes észrevenni egy 2 mm nagyságú rovar. A madárszem további sajátossága, hogy a csapok belsejében olajcseppek találhatóak, melyeknek az UV sugarak elnyelésében van szerepe, védve ezáltal a retinát a károsodástól. Másfelől, ezek a cseppek apró szemlencséként viselkednek, így a fénysugarakat a fényreceptorokra fókuszálják, fokozva a retina fényérzékenységét. Az olajcseppek különböző színanyagokat (*karotinoidokat*) tartalmazhatnak, melyek mennyisége és összetétele változó, így az UV fényre való érzékenységük is eltérő. Ez

azoka annak, hogy sok madárfaj képes pl. a tolatatról vagy a gyümölcsökről visszaverődő UV sugarak alapján, ezen tárgyak mintázatának nagyon részletes érzékelésére. Vannak fajok (pl. ragadozó madarak), amelyeknél nem is egy, hanem *kettő* (vagy három) *sárgafolt* található, az egyik kívül a halánték felől, a másik belül, az orr felé esik. Az *oldalsó* sárgafoltoknak a *binokuláris látásban (térlátásban)*, a *belső*knak a *monokuláris látásban* van szerepük. Utóbbiakkal kapcsolatosan kimutatták, hogy a távoli tárgyak alapos megfigyelésekor jutnak szerephez, ezt bizonyítja, hogy a madarak sokszor oldalra fordulva vizsgálják a távoli tárgyat, mivel így a *belső sárgatest*ekre esnek a tárgyról érkező fénysugarak.



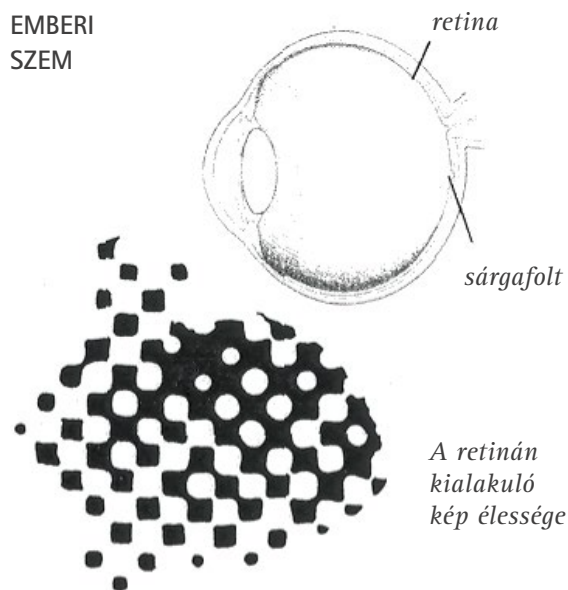
A két pár sárgafolt közül az oldalsók a binokuláris, a belső a monokuláris látásban játszanak szerepet. *The eyes of birds of prey have two foveae, one directed sideways (on the nasal side of the eye) with monocular vision and one directed forwards (on the temporal side) with binocular vision.*

AZ AKKOMODÁCIÓ

Az akkomodáció során a *lencse fókusztávolsága* változik, amit alakjának változtatásával ér el. *Távolra* nézéskor a lencse *ellaposodik*, görbülete csökken, a fénysugarakat kevésbé téríti ki. *Közelre* nézéskor a lencse *domborodik*, görbülete nő, a fénysugarakat jobban eltéríti. Ezeket a folyamatokat részben a sugártestben húzódó *körkörös lefutású izmok* szabályozzák. Az izmok *elernyedésekor* a sugártest átmérője nő, *belső, szemlencséhez közeli pereme* távolodik a lencsétől. Az ide kapcsolódó zonularostok megfeszülnek, húzóerőt fejtenek ki a lencsére, ezért az *ellaposodik* (a zonularostok

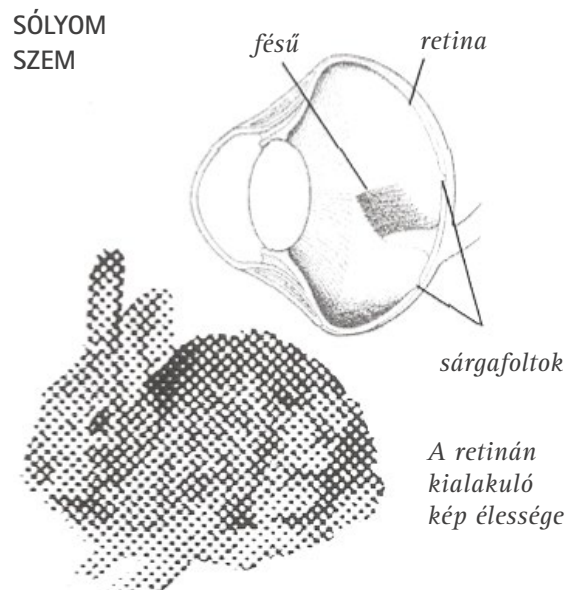
nem rugalmasak, nem nyújthatók!). *Közelre* nézéskor a sugártest izmai *összehúzódnak*, a sugártest átmérője csökken, *belső pereme* közeledik a lencséhez. A zonularostok ellazulnak (hosszuk nem változik) a lencse pedig rugalmassága miatt *domborodik*. A madaraknál két különleges harántcsikolt izom is részt vehet a folyamatban. Az egyik (*Crampton-izom*) a *szaruhártya* alakját a másik (*Brücke-izom*) a *szemlencse* alakját képes igen gyorsan változtatni. A Crampton-izom összehúzódása a szaruhártya tövi részét a lencse felé mozdítja, ezzel növelve a görbületét, egyúttal a fénytörését is. A Brücke-

EMBERI SZEM



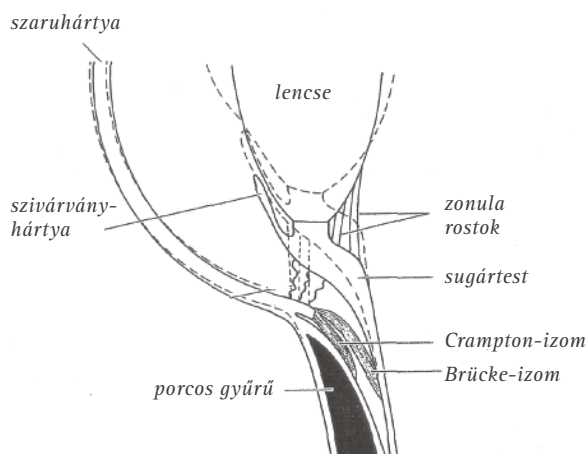
A retinán kialakuló kép élessége

SÓLYOM SZEM



A retinán kialakuló kép élessége

A bal oldalon az emberi szem felbontóképességét, a jobb oldalin egy sólyom szemének felbontóképességét érzékelteti a nyúl retinán kialakuló képe (azonos látási feltételek mellett). *Left: man's retinal image of a rabbit; right: hawk's retinal image. Man sees the rabbit only as a blur, but to the hawk, the animal is instantly and easily recognizable because the resolving power of the hawk's retina is about 4-6 times that of man.*



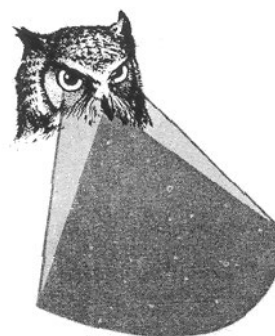
Az akkomodációban résztvevő izmok működése. A Crampton-izom kontrakciójakor a szaruhártya domborulata nő (szaggatott vonal), a Brücke-izom a lencse görbületét növeli (szaggatott vonal). *Birds can accommodate by changing the shape of the lens and the cornea. The Crampton's muscle is responsible for corneal accommodation: during contraction increases the radius of curvature of the cornea when birds focussing on near objects (dashed line), while the Brücke's muscle plays a role in lenticular accommodation.*

izom összehúzódásakor a sugártest ráfekszik a lencsére és az izom további kontrakciója közvetlenül a lencsére fejt ki hatását (azaz a lencse nem a rugalmasságánál fogva domborodik). A lencse akkomodációját a szivárványhártyában futó körkörös izmok működése egészíti ki. Ezek a pupilla átmérőjének változtatásával részben a szembe jutó fény mennyiségét szabályozzák. A pupilla szűkítésével ugyanis a mélységélesség fokozható, aminek közelre nézéskor vannak előnyei.

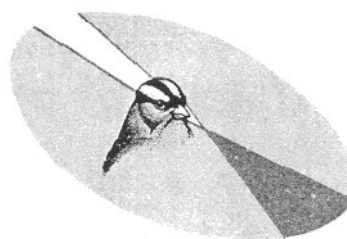
A MADÁRSZEM TOVÁBBI SAJÁTÓSÁGAI

A madarak retinájának görbületi sugara megegyezik a szemlencse fókusz távolságával, vagyis a retina minden egyes pontja épp fókusz távolságra van a lencsétől. Ez azt jelenti, hogy a retina teljes felületére éles kép vetül. (Ez akkor igaz, ha a szemlencse végtelenre van fókuszálva.) Ennek az éjszaka vonuló és a csillagképek alapján tájékozódó madarak (pl. poszátafajok) esetében van jelentősége. Így ugyanis fényképszerűen, egyszerre látják élesen a teljes égboltot, nem kell ehhez pontról pontra végigpásztázni a látóteret.

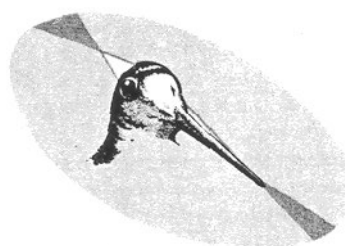
A szemek elhelyezkedése a látószöget, egyúttal a látóterek átfedését is meghatározza. A kettő fordítottan arányos: minél nagyobb a látószög, annál kisebb az átfedés a jobb és bal oldali szem látótere között. Utóbbi a térlátás egyik feltétele. Minél előretékintőbbek a szemek, annál nagyobb a látóterek átfedése, annál fejlettebb a térlátás. A ragado-



bagoly



énekesmadár



szalonka

A szemek elhelyezkedése meghatározza a látószöget és a látóterek átfedését. Minél előretékintőbbek a szemek, annál kisebb a látószög, ugyanakkor nagy a látóterek átfedése, ezért fejlett a térlátás (pl. a bagolynál). Ha a szemek minél inkább a fej két oldalán helyezkednek el, annál kisebb a látóterek átfedése, így fejletlen a térlátás, viszont akár 360°-os is lehet a látószög (pl. szalonka). *The position of eyes on the head determines the field of vision. In owls eyes are faced forwards allowing wider range of binocular vision than any other bird. Song-birds have eyes set more to the side of their heads, thus they have some binocular vision but great field of monocular vision. Eyes of woodcock are placed a bit farther back and a bit higher resulting in binocular vision to the rear and above as well and a full vision of 360 degrees.*

zó fajoknál a térlátás a fontos, hiszen a zsákmány megragadásához biztosan kell becsülni a távolságot, hiszen ha hibáznak, lehet, hogy sokáig nem lesz alkalmuk a zsákmányszerzésre. A zsákmányfajoknál viszont az a fontos, hogy a környezet minél nagyobb részét tartsák ellenőrzés alatt az esetleges veszélyhelyzetek megelőzésére, ill. az időben

való menekülésre, ezért a minél *nagyobb látószög* a fontos. Ha későn reagálnak, lehet, hogy az életükbe kerül. Ezért van pl. a *baglyoknak* előretékintő szeme, ezzel *fejlett térlátása*, egyben *kis látószöge*. A *szalonkánál* pedig a szemek oldalt és a koponyatető felé tolódva helyezkednek el, így *látószöge 360°-os*, a látóterek *átfedése* pedig *csak néhány*

fokos. Érdekesség, hogy hátrafelé, a tarkó mögött egy kicsivel még nagyobb is az átfedés, mint elől. A madarak szemgolyójához kapcsolódó *szemmozgató izmok fejletlenek*, ezt a *fej mozgékony*sága kompenzálja. A szemhez két *szemhéj* és egy *átlátszó pislogóhártya* kapcsolódik.

AVIAN VISION

Avian eyes take up a considerable volume of the bird's head and body. The structure of their eyes is not much different from that of mammals, but retains a few reptilian characteristics, such as the pecten a unique nutritional structure and the sclerotic ring of bony plates that support the shape of the globe. Birds also have a third eyelid the nictitating membrane which serves as a protective layer, and bathes the eye with fluids when the eyes are open. Birds have by far the keenest vision of all vertebrates, its retinas have 4-6 times the visual acuity of the human eye. The special structure of sensory layer – the tighter packing of the photoreceptors and the lack of vascular interruptions in that surface means that the avian eye possesses much better point-to-point resolution of an image than the mammalian eye. The shape, placement and flexibility of the eyes varies greatly among birds. Nocturnal birds (e. g. owls) have large tubular eyes whose increased surface area of rods aids night vision. Diurnal species have flattened- or globose-shaped eyes.

In many small diurnal birds the eyes are very important in detecting predators. Their eyes are placed on the head so that there is little overlap between the area seen by each eye (narrow field of vision), but it provides a wide overall field of view up to even 360 degrees. Birds of prey have eyes in the front of their heads, facing forward because capturing prey requires good visual acuity, thus overlapping fields of view and good depth perception are important. Binocular vision reduces the total field of vision but greatly increases the depth perception of these birds where the difference between success and failure in prey capture requires exacting standards. In owls the emphasis on binocular vision results in an overall visual field of only 60-70 degrees with a 50 degree overlap between eyes. Birds are capable of adjusting their visual acuity over a wide range of distances. Visual accommodation accomplished by modifying the shape of the lens and cornea. Most birds have a visual range of 20 diopters (near to far) which is twice that of man. Some aquatic birds have a range of 50 diopters.



A ragadozó madarak térlátása kiváló (Barna rétihéja) (fotó: Tóth László) *In birds of prey eyes are faced forwards allowing excellent binocular vision (Marsh Harrier)*