



JEAN SCHEIJEN



THOMAS BRESSON



BILL HAILS



STEVE KNIGHT



J. BOSCH



STEVE JURVETSON



ARTIC ROUTE



SIAS VAN SCHALKWYK



GUYLAINE BRUNET

BEGIAK

NEREA KORTA HERNANDEZ
Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

Argiari nabarmentzeko mekanismo sinpleenetatik, bereizmen handiko makinetara

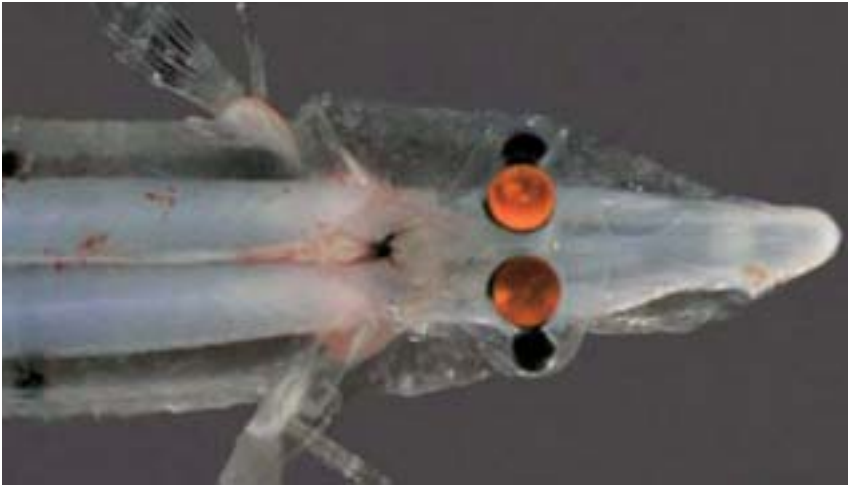
**Agertu zenetik, ikusmen-
organoak hamaika moldaera
izan ditu: zelula fotorrezeptore
soiletatik, bereizmen biziko
mekanismoetara. Eguzkiaren
argiak distiratzten duen
lekuetan ez ezik, itsasoko
sakonera ilunenetan ere garatu
dira begiak.**

Ur azpian, mila metrora, oso argi gutxi iristen da. Nekez ikus daiteke ezer. Sakonera horietan bizi diren arrainek, ordea, badituzte metodoak argi-izpiren bat iristen bada detektatzeko. Oro har, zilindro-formako begiak dituzte. Horrela, luminiszentzia duten arrainen izpiei eta argiaren norabideari antzeman diezaiokete. Baina ikusmen-eremu oso mugatua dute, eta hori oso arriskutsua izan daiteke basabizitzan.

Arazo hori gainditu egin dute bi arrain abisal espezieiek. Duela gutxi arte ez zen bi espezie horien alerik harrapatu, eta, horregatik, haien inguru-ko uste oker asko zeuden.

Horietako bat *Dolichopteryx longipes* arraina da; hari buruz esaten zen lau begi zituela. Baina, harrapatu zutenean, haren begien berezitasunaz ohartu ziren ikertzaileak. Ez ditu lau begi, bi bai-zik. Begi-itxurako beste bi organoak ispilua dira. Hain zuzen ere, ispilu horiek argia erretinarantz bideratzen diete beheko aldean dutena ikus dezaten. “Argia benetako begira bideratzen dute; oso burutsua da. Hartze-eremua zabaltzen zaio horrela, goikoa eta behekoa ikusteko aukera baitu” dio Miren Bego Urrutia biologoak, EHUko Animalien Fisiologiako irakasle eta ikertzaileak.

Arrain hori da argia fokatzeko begietan ispilua garatu dituen eta foku-puntu jakin batera bidal-



Dolichopteryx longipes arrain abisalak begien ondoan ispiluak ditu, ikusmen-eremua handitzeko. ARG.: TAMMY FRANK.

tzeko orientazioa kontrolatzen duen lehenengo ornoduna. Hala ere, ispilua sortzeko erabiltzen duen teknika ez da berria: kristal organikoak plakatoak erabiltzen ditu geruza askotan jarrita, arrain askok ezkatekin egiten duten bezala.

Beste kasua *Macropinna microstomarena* da. 1939an deskribatu zutenetik, misterio bat izan da: buru gardena du, eta uste zuten bere begiekin gainaldekoa bakarrik ikus zezakeela. Baina duela gutxi ale bat filmatu zuten Monterrey Badiako Akuarioko ikertzaileek. Orduan ikusi zuten arraina gai dela begiak nahi bezala mugitzeke, ez dituela buruan gora begira itsatsita. Hain justu, horrek azaltzen du burua gardena izatea: buru barnean ditu begiak!

ABANTAILAREN AHALMENA

Zantzu guztien arabera, Eztanda Kanbriarrean agertu zen argiari antzemateko gaitasuna. Adituen ustez, orduan sortu zen harraparitza, eta, beraz, edozein abantaila erabakigarria izan zitekeen bizirik irauteko. "Lehenengo, prozesu fotorrezeptorea gertatu zen: pigmentu bategon behar du,

Gizakion ikusmenak zenbait inperfekzio ditu. Besteak beste, zelula ganglionarrak argiaren bidetik pasatzen dira, eta puntu itsua sortzen dute. ARG.: ISFTIC.

argiak pigmentu hori kitzikatu behar du, eta horrek nerbio-kinada bat sortuko du", azaldu du Urrutiak.

Prozesu hori animalia-talde guztietan agertzen dela argitu du Urrutiak: "Begien eboluzioa hainbat aldiz gertatu dela uste da, baina hasierako puntua, guztietan, fotorrezeptzioa izango litzateke". Hain zuzen, Max Planck Institutuko zientzialariak begien eboluzioaren hastapenak ikeritzen ari dira. Haien ustez, *Platynereis dumerilii* uretako harra da begien sorreratik gertuen da-goen espeziea. Lau orban okular ditu, bi zelulaz osatuak: fotorrezeptore bat eta pigmentazio-zelula bat. Max Planckeko adituen ustez, argia detektatzen duenean, seinale elektriko batek harra argirantz mugitzea eragiten du.

Hortik aurrera, inguruneak inposatu zituen beharrak, eta, hortaz, ikusteko modu ezberdinak. Hala, fotorrezeptzioa ikusmen bihurtu zen.

Eztanda Kanbriarrean agertu zen argiari antzemateko gaitasuna; adituen ustez, orduan sortu zen harraparitza, eta edozein abantaila erabakigarria zen.

Irudia sortzeko gai diren begietan sinpleenek kamera ilunaren antza dute, *Nautilus* arenek, adibidez. Molusku hori ez da aldatu milioika urtean, eta bere begiak zaharretakoak dira.

"Ez du lenterik. Zulo txiki batetik argia sartzen da, eta horrek irudi inbertitua sortzen du atzeko aldean, lehenengo argazki-kamerek egiten zuten bezala" dio Urrutiak.

Baina sakonera txikiagoetan eta itsasotik kanpo, beharrak aldatu egiten dira. Argi gehiago eta harrapari gehiago daude. Horregatik, zenbait artropodok eta moluskuk ikusmen-eremu handiagoko begiak dituzte, begi konposatuak. Erleak dira horren adibide. Begi konposatuak begi sinpleen taldeez osatzen dira. Begi sinple bakoitza omatidio bat da, unitate optikoa. Omatidio bakoitzak eremu errezeptorearen zati bat jasotzen du. Unitate bakoitzaren eremu hartzaileak batu, eta irudia mosaikoan lortzen da. Omatidio askoko begi handiak izan daitezke; zenbat eta begi handiagoa, orduan eta ikusmen-eremu zabalagoa.

Ornodunen artean, bereizmen handiko irudiak sortzen dituzten begiak agertu ziren: argazki-kamera gisako begiak. Gaur egungo argazki-kameraren antzekoak dira: lenteak dituzte errefrakzio eta kontzentrazioarako, eta irisa diafragma modura funtzionatzeko.

Gizakiarentzat gizakiarena da adibiderik ezagunena, baina ez perfektuena. Gizakion ikusmenak baditu zenbait inperfekzio: “hasteko, gizakien ikusmen-arazo arruntak (miopia, astigmatismoa...) hilgarriak izango lirakeke basabizitzan” dio Urrutiak. Bestalde, gizakien zelula fotorrezeptoreak alderantziz kokatuta daude.



Nautilus moluskuaren begiek kamera ilunen antzera funtzionatzen dute. ARG.: ALAN PICKARD.

Argiak globo okular guztia zeharkatuz egin behar du erretinarako bidea, eta han daude fotorrezeptoreak. Gainera, nerbio optikoa osatzen duten zelula ganglionarrak argiaren bidetik ateratzen dira eta horrek puntu itsua sortzen du. Argazki-kameraren objektiboaren aurretik kableak pasatzea bezala izango litzateke. Hala ere, puntu itsua ikusmen binokularrak konpentsatzen du, eta falta den zatia garunak osatzen du.

KOLOREEN PERTZEPZIOA

Koloreen pertzepzioa ere ezberdina da espezie batetik bestera. Argia ez da berdin iristen toki guztietara, eta beharraren arabera moldatu dira begiak.

“Fotopigmentuek ematen dute koloreak ezberdintzeko gaitasuna. Ornodunetan, hori konoe-tan gertatzen da” dio Urrutiak. Erretinan, konoeak eta bastoiak daude, argiarekiko sentikorrak diren zelula fotorrezeptoreak. “Bastoi-tako

“Begien eboluzioa hainbat aldiz gertatu dela uste da, baina hasierako puntua, guztietan, fotorrezeptioa izango litzateke”.

fotopigmentuek, guztiak mota berekoak direnez, intentsitateari buruzko informazioa soilik ematen dute”. Bastoiek ilunpean ondo funtzionatzen dute, argiarekiko oso sentikorrak dira eta. Baina konoeek argi asko behar dute; beraz, ilunpean ezin da kolorerik ikusi.

Ilunpean kolorerik ikusten ez denez, gaueko animaliek ez dute kono askoren beharrik, eta bastoi asko izaten dituzte. Hala, gauez ikusteko gai dira, baina, oro har, kolore gutxiago ikusten dituzte egunez. Egunekoek, berriz, koloreak ezberdindu beharra dute: janaria aurkitzeko, bikotekidea bilatzeko, harrapariak ikusteko... Beraz, bastoi gutxiago eta kono gehiago dituzte.

Esaterako, gizakiok hiru kono-mota ditugu: ikusmen trikromatikoa. Kono bat gorriaren ingurukoa da, bestea urdinaren ingurukoa eta bestea berdearen ingurukoa. Horrek kolore-gama handia ikusteko gaitasuna ematen du.

Denbora askoan uste izan da zakurrek zuri-beltzean ikusten dutela, baina, azken azterketek erakutsi dutenez, gizakiaren ikusmenaren antzekoa dute, gorri eta berdeen gama urriagoarekin.

Animalia gehienek bi kono-mota dituzte: ikusmen dikromatikoa. Eta gaueko animaliek, berriz,



Miren Bego Urrutia biologoa da, eta Animalien Fisiologia irakasten du EHUko Zientzia eta Teknologia Fakultatean. Gainera, unibertsitatean egoteak ikerketa-lanetan aritzeko aukera ematen dio. ARG.: NEREA KORTA.

Mapatxea gaueko animalia da. Ikusmen monokromatikoa dauka, zuri-beltzean ikusten du. ARG.: ©PETER WEY/123RF.



mapatxe eta arrabioek, adibidez, zuri-beltzean ikusten dute. Horien ikusmena monokromatikoa da.

Beharrak, batzuetan, gaindiezinak diruditen mugak gainditzen ditu. Erleek eta txori batzuek, adibidez, loreetatik informazioa jaso behar dute bizirik irauteko. Horregatik, lau kono-mota edo gehiago dituzte, eta gai dira ultramoreei ere antzemateko. “Guk ez dugu fotopigmenturik hori ikusteko —azaldu du Urrutiak—, baina guri ikharkabeen pasatzen zaizkigun ezaugarriak erleentzat erakargarriak izan daitezke, loreek informazio garrantzitsua bidal diezaiekete eta”.

“Animalia bakoitza baldintza batzuetan bizi da; baldintza horietara egokituta dagoena, horixe da egokia”.

Ekosistema gogorretan —basamortuan, esaterako—, egunez ehizatzea ezinezkoa zaie harri-pari gehienei. Gaez irteten direnez, suge-espezie batzuek, harrapakina detektatzeko, infragorriak erabiltzen dituzte. Horien kasuan, ordea, ez dute argia detektatzen, beroa baizik. Infragorria aurpegi-zulo batzuekin detektatzen dute, eta, gero, informazioa ikusmenarekin integrazten da, irudiaren antzeko zerbait sortuz. “Erdialdeko Amerikako kriskitin-sugeekin egin dituzte esperimenduak. Gaez, basamortuan, tenperaturak jaistean, sagu eta untxiak ezkuta-lekuetatik irteten dira. Sugeak gai dira beroa detektatzeko eta oso modu efizientean lokalizatzen” adierazi du Urrutiak.

Dena den, espektro ikusgaiaren mugak gizakion ikusmenaren oso antzekoak dira. “Gizakiek



Intsektu askok ultramorean ikus dezakete. Baita zenbait arrain- eta txori-espeziek ere. ARG.: TIMITALIA.

ikusmen dutena Eguzkitik heltzen zaigun espektroaren parterik garrantzitsuenak da. Uhin-luzera handiko zatia atmosferako ur-lurrunez filtratzen dute. Beste zati bat ozonoak filtratzen du. Filtroak ez dira guztiz eraginkorrak, eta izpi batzuk pasatzen dira. Baina infragorriek energia gutxiegi dute fotorrezeptzioa gertatzeko. Ultramoreek, berriz, energia gehiegi dute, eta hori xurgatzen duten molekulak apurtzen dituzte”. Beraz, muga fisikoak gaindiezinak dira, animalia batzuk muga horien artean kolore gehiago bereizteko gai badira ere.

Pentsa daiteke kolore gehiago ikustea, gaueko ikusmena izatea, ikusmen-eremu edo zorroztasun handiagoa izatea abantailak direla. Baina, zerekin alderatuta? Urrutiaren ustez, “animalia bakoitza baldintza batzuetan bizi da. Baldintza horietara egokituta dagoena, horixe da egokia. Batzuek moldaera bereziak dituzte, baina ez dira besteekin konparagarriak”. Azken batean, espezie batentzat abantaila dena desabantaila izan daiteke beste batentzat. ●

Sugeek infragorriak detekta ditzakete aurpegian dituzten zulo batzuekin. Gero, informazioa ikusmenarekin integrazten dute. ARG.: ©ERIC ISSELÉE/123RF.

