

Több százmillió éves a bifokális szem

Stöckert Gábor

2009. április 18., szombat 14:48 | Frissítve: 6 órája

Az első összetett szervezetek közé tartozó, százmillió évvel ezelőtt élt trilobiták némely tekintetben egyedülálló látással rendelkeztek: egyes fajok szemében bifokális lencsék voltak, így közelre és távolra is jól láttak. Őslények trükkjét egy magyar tudós segítségével fejtették meg, a megkövült trilobitaszemek kutatásáról szóló összefoglaló cikk nemzetközi paleontológiai díjat nyert.

▼ hirdetés



Benjamin Franklin nemcsak neves államférfi és fizikus volt, briliáns feltaláló is. Rájött például arra, hogy a villám elektromos kisülés, és megépítette az első villámhárítót. Az ezzel kapcsolatos sárkányos kísérletét minden fizikus ismeri. Gazdasági megfontolásokból ő javasolta először a nyári időszámítás bevezetését, de az optikában is otthon volt, ő találta fel a bifokális szemüveget. Olyan kéttagú lencsét épített ebbe, aminek az alsó része közelre látott, a felső távolra, így ha a 18. századi felhasználó, mondjuk, a horizont fürkészése után nekiállt olvasni, nem kellett szemüveget cserélnie.

Franklin szemüvegéhez hasonlót a természet már háromszázmillió éve megalkotott. A háromkaréjú ősrákoknak is nevezett trilobiták egyes fajainál bifokális szemlencsék fejlődtek ki. Ez az elmúlt évek kutatásaiból derült ki, amelyeket többnyire három tudós végzett: Euan Clarkson, az edinburghi egyetem paleontológusa, Riccardo Levi-Setti, a chicagói egyetem fizikusa (korábban a Fermi-intézet igazgatója), illetve Horváth Gábor, az ELTE biológiai fizika tanszékének [biofizikusa](#) [1].

Clarkson és Levi-Setti többnyire leletgyűjtésben és -leírásban jeleskedtek, Horváth pedig a leletek biooptikai jellemzőit modellezte. A kutatómunkáról több közlemény is született, és az *Arthropod Structure and Development* szakfolyóiratban A trilobiták szeme: A legrégebbi fennmaradt látórendszer címmel 2006-ban [megjelent](#) [2] publikációt nemrég az év paleontológiai cikkének választották.

Ezt a díjat a [spanyol paleontológiai társaság \[3\]](#) alapította, 2003 óta nemzetközi zsűri ítéli oda a legjobb őslénytani szakcikkeknek. Az elismeréssel 4500 euró is jár, de ehhez a tudományos cikkből egy közérthető, ismeretterjesztő könyvecskét is kell írni. Ez és a kiválasztás hosszadalmas procedúrája az oka, hogy a 2006-os cikkért Horváthék csak idén vehették át a díjat.

Az elismerést egyébként általában dinoszauruszos cikkek szokták nyerni, de a trilobitakutatás legalább annyira izgalmas téma, mint az őshüllők vizsgálata. A nyertes cikk az elmúlt ötven év tudományos kutatási eredményeit foglalta össze, meglepő felfedezésekkel.

Megkövült szemek

Az ízeltlábúakhoz tartozó, mára kihalt trilobiták (semmi közük a ma élő rákokhoz) az első összetett szervezetek voltak: a kambriumban jelentek meg bő félmilliárd évvel ezelőtt, és a perm végén, 250 millió éve pusztultak ki. Ahhoz képest, hogy ilyen régóta nem léteznek, elég sokat tudunk róluk, mivel vázuk jól fosszilizálódott.

Ma nagyjából 17 ezer trilobitafajt ismerünk. Ezek az állatok a földtörténeti ókor kezdetekor több százmillió évig uralták a tengereket, később a páncélos halak megjelenésekor zsákmányállatként is fontos szerepük volt a táplálékláncban (persze, igyekeztek elkerülni ezt a szerepet: egyre tüskésebbek lettek, és egyre jobban össze tudtak gömbölyödni, mint például a mai pinceáskák vagy sünök).

Érzékszerveikről is meglepően sokat tudunk: egyes fajoknak megmaradtak merev, tüskeszerű tapogatóik, amelyekkel a környezetüket figyelték. A trilobitaszemek azért válhattak Horváthék kutatási területévé, mert fosszilizációra alkalmas kalcitot tartalmaztak már a trilobiták életében is. Így eshetett meg, hogy miközben a dinoszauruszok szeméről és látásáról alig tudunk valami biztosat (a lágy őshüllőszemek nem kövültek meg), a tudománynak konkrét és határozott elképzelése van, hogy mivel és hogyan látták a trilobiták a világot.

Horváth és kollégái a leleteket vizsgálva a szemek alapján három csoportra osztották a trilobitákat. A legősibbek úgynevezett holochroális szemmel nézték az őstengerek fenekét. Ez a gömbölyded szem több ezer, nagyon kicsi kalcitlencséből állt, minden lencse alatt egy-egy fotoreceptor volt. Ez a szem tehát nagyjából úgy működött, mint a mai rovarok összetett szeme. Később az evolúció során a trilobiták szemeiben levő lencsék száma csökkent, méretük viszont nőtt, kialakultak az átmenetinek tekinthető abathochroális, majd a trilobiták *Phacopina* alrendjében a schizochroális szemek.

Hibajavítás hullámfelülettel

A schizochroális szemlencse kéttágú volt, felső része kalcitból állt, az alsó pedig olyan szerves anyagból, ami nem fosszilizálódott. A kalcitlencse belső határfelületén hullámos volt, és a kutatók igazolták, hogy ennek a felület alakja éppen megfelel annak, amit a fizikában a gömbhiba-mentes lencsék korrekciós felületeként ismernek. Vagyis az evolúció ezzel a hullámos felülettel ellensúlyozta azt, hogy a kalcitlencsék növekedésével megnőtt a gömbi hibájuk. (Ez a gömbi hiba a korrekciós felület nélkül tökéletlenebb látást eredményezett volna, mert nem lett volna pontos fókusztávolság, a szemlencse torzított volna a széleken.)

„Számítógéppel rekonstruáltuk, hogy a trilobitaszemeknek milyen mélységélességük lehetett, vagyis hogy a trilobiták milyen távolságra láthattak élesen – magyarázza Horváth Gábor. – Egyik feladatomban az volt, hogy az alsó lencsetagot, ami nem maradt fenn, valahogy rekonstruáljam optikailag. Felépítettem a kéttágú trilobita-szemlencsék számítógépes optikai modelljét, amelyben a felső lencsetag kalcit volt, az alsó valamilyen ismeretlen törésmutatójú

anyag. A kettőt az ismert hullámos felület választotta el, ami korrigálta a gömbi hibát.”

„Ezután addig variáltam az alsó lencsetag törésmutatóját, amíg meg nem kaptam azt az elméleti elválasztó korrekciós felületet, ami a legjobban megfelelt a valóságnak. Ezáltal lehetett rekonstruálni, hogy egyes trilobitaszemeknél 1,4, másoknál 1,56 volt az alsó lencsetag törésmutatója, és ebből lehetett következtetni az alsó lencsetag anyagára: nagy valószínűséggel valamilyen kocsonyás anyagból vagy hidratált kitinből állhatott.”



Egyébként ma is léteznek olyan állatok, amelyeket kéttagú szemlencsével szerelt fel a törzsfajlás. Bizonyos darazsak lárvái is hullámos felülettel korrigálják kéttagú szemlencséik gömbi hibáját, mert ez megnöveli a lencsék fénygyűjtő-képességét is, és ezek a lárvák éjszaka aktívak. A *Notonecta* vízipoloskák szemében is hasonló gömbi hibára korrigált kéttagú szemlencsét találunk, és ezek a rovarok is gyakran élnek fényszegény környezetben, fitoplanktonnal telített vizekben. A tudósok ezért azt gyanítják, hogy a schizochroális szemű trilobiták is éjszaka aktív állatok lehettek, vagy zavaros vizekben élhettek, kis fényintenzitású környezetben.

Lencsedudor régen és ma

A kutatók a trilobita-szemlencsék fókusz távolságát is rekonstruálták, és arra is rájöttek, mire való az a központi dudor, ami egyes lencséken látható. A dudornak az volt a szerepe, hogy csökkentette a lencse közepének fókusz távolságát, miáltal a szemlencsének két fókusz távolsága lett – az állat az egyikkel közelre, a másikkal távolra látott. Erre azért volt szükségük, mert a kalcitlencse merev, tehát nem tud akkomodálni, vagyis képtelen változtatni a fókusz távolságát, és így nem tud alkalmazkodni a környezetben mozgó látó tárgyak távolságához.

Az emberi szem úgy akkomodál, hogy a szemlencse alakja rugalmasan változik attól függően, hogy milyen messzire nézünk. A trilobiták erre nem voltak képesek, ezért alakultak ki egyes fajaik szemében a bifokális lencsék: merev szemlencséjük központi régiójával közelre láttak, a széli lencserészekkel távolra. Figyelhették, nem jön-e a távolból valamilyen ragadozó, a közelben élelem után kutatva pásztázhatták a tengerfenéket.

Ezek a trilobitaszemek tehát nem úgy voltak bifokálisak, mint Franklin szemüvege, vagyis a közelre látó lencse nem a távolra látó alatt helyezkedett el, hanem a távollátó lencse közepébe volt beágyazva a közellátó régió. Tehát a bifokális trilobita-szemlencse ugyanazon optikai tengely mentén volt közel- és távollátó.

Ezt a trükköt több százmillió évvel később az ember is felfedezte. Néhány éve léteznek olyan bifokális szemlencsék, amelyeknek közepén egy kis dudor található, éppen úgy, mint az említett trilobitákén. Ilyen vizuális protézist a szürkehályogműtét során eltávolított szemlencse helyére szoktak beültetni.

Ezt a bifokális műanyag szemlencsét a mérnököptikusok és szemorvosok akkoriban alkották meg, mikor Horváthék 2002-ben megjelentették első cikküket a bifokális trilobita-szemlencséről. „Tőlünk függetlenül találták fel ezt az implantátumot, pedig akár a mi kutatásunk gyakorlati alkalmazásának is tekinthető – fogalmaz Horváth. – Ha kicsit korábban publikáljuk a felfedezésünket, talán mi adtunk volna ihletet a mérnököknek, orvosoknak.”

Szennyező nagyvárosi fények

Ezzel a tudományos-műszaki életben nem szokatlan egybeeséssel gyakorlatilag be is

fejeződött a trilobitaszemek kutatása, legalábbis magyar részről. Horváth – akárcsak Levi-Setti – mindig csak hobbiból vizsgálta a trilobiták szemének optikáját, de mint mondja, elfogytak az érdekes trilobitaszemek.

„Ami fantáziát láttam ebben a kutatásban, azt kihoztam belőle, a díjazott cikkünk tulajdonképpen az utolsó, összefoglaló publikációnk volt a témáról” – mondja a fizikus, aki biológiatanár szüleitől kapott kedvet a biofizika, illetve a biooptikai jelenségeinek tanulmányozásához.

Horváth kollégáival és diákjaival együtt azonban most is az állatok látását kutatja, mégpedig a polarizációlátást. A fény polarizációját – amikor a fényhullámok egy meghatározott síkban rezegnek – az emberi szem gyakorlatilag nem látja, de az emlősök kivételével majdnem minden állat érzékeli. Horváth és munkatársai ezeket a polarizációs mintázatokat, illetve az élővilágra gyakorolt hatásaikat vizsgálja különféle környezetekben. Voltak már a tunéziai sivatagban, Lappföldön, 2005-ben még az Északi-sarkon is, és a fénypolarizációs jelenségeket vizsgálva megalkották a poláros fényszennyezés fogalmát.

A fényszennyezés csillagászati vonatkozása ismert: a nagyvárosok közelében nem lehet jól csillagászati vizsgálatokat végezni, mert a légkörben visszaverődik a városokból kisugárzott fény. Létezik ökológiai fényszennyezés is. A jelenség lényege, hogy a városi fényeknek negatív hatásuk van az éjszakai állatokra, leginkább azért, mert megzavarják a navigációjukat. Azonban az emberi szemmel láthatatlan fénypolarizáció bizonyos állatoknak kimondottan káros, egyeseknek egyenesen a vesztüket okozza: a fényt erősen és vízszintesen polarizáló mesterséges felületek magukhoz csábítják a vizet a fénypolarizáció alapján kereső rovarokat, amelyeket aztán a petéikkel együtt gyakran el is pusztítanak. Ez a poláros fényszennyezés, és ezt kutatják Horváthék.

„Megjelent több szakcikkünk, és két szabadalmunk is van arról, hogyan lehet kiküszöbölni ezt a káros jelenséget, illetve a poláros fényszennyező forrásokat miként lehet egyes vérszívó rovarok, például a bögölyök irtására használni – magyarázza Horváth. – Ez a környezetoptikai kutatás még javában tart, a következő időszakban is a fény polarizációjának légköroptikai, biológiai és műszaki-fizikai alkalmazásaival foglalkozunk.”

Címkék: [biofizika](#), [biooptika](#), [trilobiták](#), [öslények](#), [paleontológia](#)

A cikkben hivatkozott linkek:

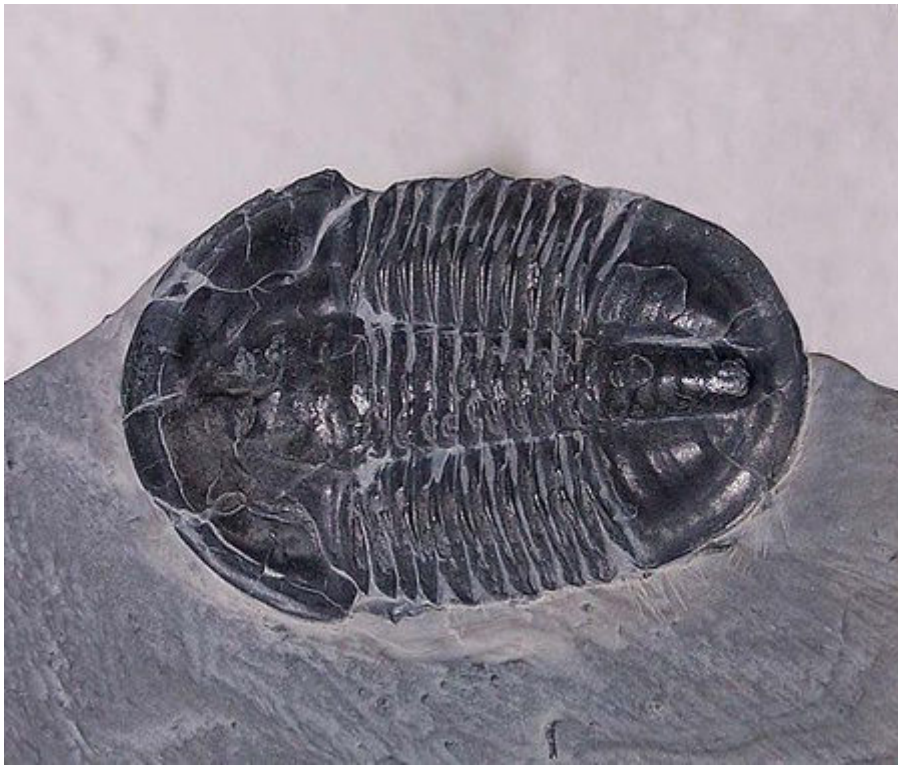
[1] <http://arago.elte.hu/>

[2] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18089074>

[3] <http://www.fundaciondinopolis.org/>

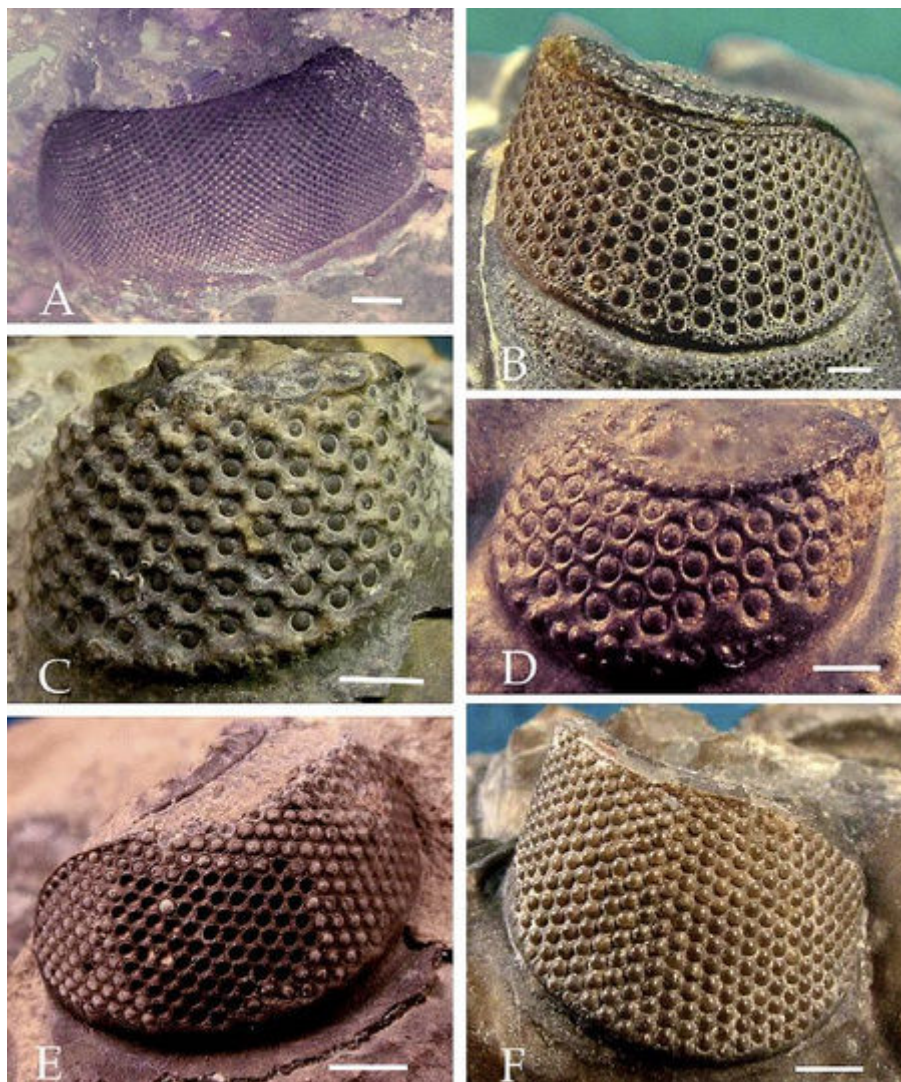
Címkefelhő

[állat](#), [csillagászat](#), [depresszió](#), [dinoszaurusz](#), [dns](#), [egészség](#), [egészségügy](#), [ember](#), [evolúció](#), [földrengés](#), [genetika](#), [oroszlán](#), [orvostudomány](#), [őslelet](#), [öslények](#), [pszichológia](#), [rák](#), [régészet](#), [szex](#), [történelem](#)

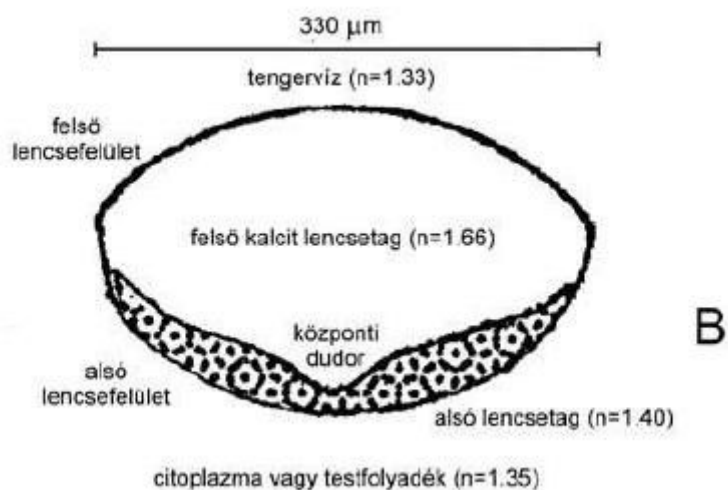


Asaphiscus wheeleri trilobita kövülete a kambriumból (kép: Wikipedia)





Holochroális (A) és schizochroális (B-F) trilobitaszemek. Jól látszik, hogy a schizochroális szemek kevesebb és nagyobb lencséből állnak, mint a holochroális szem. A fehér vonal minden képen egy millimétert jelez. (kép: E. Clarkson et al. / *Arthropod Structure & Development* 35 (2006) 247-259, 6. ábra)



A *Dalmanitina socialis* kéttagú, schizochroális szemlencséjének rekonstruált keresztmetszeti alakja. A lencse felső tagjának alsó felületén látszik a központi dudor.

(kép: Gál, Horváth et al. / *Természet Világa* 130 (1999) 168-172, 2. ábra)