

Co vidí ptáci

*Evoluce vybavila ptáky
soustavou barevného vidění,
které převyšuje vidění všech
savců včetně lidí.*



Timothy H. Goldsmith

My lidé obvykle

předpokládáme, že naše zraková soustava je v evolučním žebříčku na samém vrcholu. Ta nám umožňuje uvědomovat si prostor trojrozměrně, registrovat předměty na určitou vzdálenost a bezpečně se orientovat v prostoru. Skvěle nám umožňuje rozlišovat další jednotlivce a zaznamenávat jejich emoce pouhým pohledem do jejich obličeje. Ve skutečnosti jsme takoví vizuální živočichové, protože máme potíže představit si smyslový svět tvorů, jejichž schopnosti sahají do dalších oblastí, například netopýra lovícího v noci, který je schopen vyhledávat malý hmyz pouhým poslechem ozvěn svého vlastního pronikavého pískání.

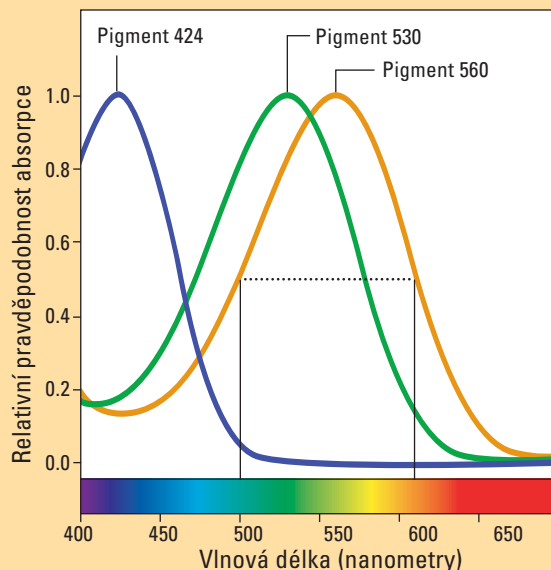
AFRICKÝ ZOBOROŽEC (*Bucorvus leadbeateri*), stejně jako všichni ptáci vidí svět v mnohem pestřejší barevné škále, kterou si dokážeme jen stěží představit. Ptáci mají tuto schopnost, protože si v očích ponechali barvy zpracovávající čípky (kónické buňky), které savci ztratili již před miliony let.

MARTIN HARVEY Peter Arnold, Inc.

Barevné vidění lidí

Lidé a někteří další primáti vidí barvy prostřednictvím tří typů čípků v oční sítnici. Každý tento typ obsahuje odlišný pigment, který je citlivý na daný rozsah vlnových délek světla. Tyto tři typy buněk jsou maximálně citlivé na vlnové délky přibližně 560, 530 a 424 nanometrů.

Dvě slabé vertikální čáry v grafu vznikají z vlnových délek, které jsou rovnoměrně pohlcované pigmentem 560. Přestože fotony z paprsků s vlnovou délkou 500 nanometrů (*zelenomodrá*) mají více energie než fotony z paprsků s vlnovou délkou 610 nanometrů (*oranžová*), obojí způsobují stejnou reakci pigmentu a způsobují tedy stejné podráždění kónické buňky. Jeden čípek proto nemůže mozku odhalit vlnovou délku absorbovaného světla. K odlišení jedné vlnové délky od druhé musí mozek porovnat signály buněk s různými zrakovými pigmenty.



Naše znalosti ohledně barevného vidění jsou docela přirozeně založeny na lidském pohledu. Na spolupracujících lidech mohou vědci snadno provádět experimenty, díky kterým by zjistili, které směsice barev vypadají stejně nebo odlišně. Ačkoliv vědci získali vysvětlující informace studiem mnoha dalších druhů zaznamenáváním činnosti nervových buněk, až do počátku sedmdesátých let dvacátého století jsme nevěděli, že mnoho obratlovců (většinou vyjma savců) vidí barvy v části spektra, které není viditelné pro lidi - blízko ultrafialového. Odhalení ultrafialového vidění a zvědavost významného Angličana Sira Johna Lubbocka, zahájily studium hmyzu. Lubbock, přítel a soused Charlese Darwina, člen parlamentu, bankéř, archeolog a přírodovědec, objevil někdy před rokem 1882, že mravenci při UV-světle berou kukly

a přenášejí je na tmavší místa nebo na místa osvětlená světlem s větší vlnovou délkou. Od počátku dvacátého století pak rakouský přírodovědec Karl von Frisch se svými studenty (a jejich studenty) dokázal, že včely a mravenci nevidí pouze UV-světlo jako zřetelnou barvu, ale využívají UV-záření jako součást astrokompasu.

Zjištění, že velké množství druhů hmyzu vnímá UV-záření, vedlo k myšlence, že tato spektrální oblast poskytuje osobní smyslové kanály, které využívají ptačí predátoři. Nic však nemohlo být dále od pravdy. Posledních 35 let práce prokázalo, že ptáci, ještěři, želvy a mnoho druhů ryb má ve své sítnici UV-receptory. Proč jsou tedy savci tak odlišní? Co způsobilo, že jejich barevné vnímání je ochuzeno? Hledání odpovědi odhalilo fascinující evoluční příběh a vedlo k novým pohledům do mimořádně bohatého vizuálního světa ptáků.

ZÁKLADNÍ POJMY

- Barevné vidění obratlovců závisí na čípcích v sítnici. Ukázalo se, že ptáci, ještěři, želvy a mnoho druhů ryb má čtyři typy čípků, zatímco většina savců má pouze dva typy.
- Předchůdci savců měli všechny typy sítnicových čípků, ale během jejich vývoje, kdy žili převážně v noci a barevné vidění tedy nebylo zásadní k jejich přežití, prvotní savci dva typy ztratili.
- Předchůdci ze skupiny starověkých primátů regenerovali třetí typ buněk prostřednictvím mutace jedné z existujících buněk.
- Většina savců má však stále jen dva typy sítnicových čípků, což způsobuje, že barevné vidění savců, včetně lidí, je zřetelně omezeno v porovnání s vizuálním světem ptáků.

Jak se vyvíjelo barevné vidění

Tato zjištění nejlépe pochopíte, pokud se nejprve dozvíte některá základní fakta ohledně způsobu vnímání barev jednotlivými organismy. Za prvé, vyřadíme obvyklé mylné představy. Je pravdou, jak se většina dětí učí ve škole, že předměty absorbují některé vlnové délky světla a odrážejí zbytek, a že barvy, které vnímáme na předmětech, souvisejí s vlnovými délkami odráženého světla. Barva ve skutečnosti není vlastností světla nebo předmětu, který světlo odráží. Je to vjem, který vzniká v mozku.

Barevné vidění u obratlovců začíná v sítnicových čípcích, vrstvě nervových buněk, které přenášejí vizuální signál do mozku. Každá tato kónická buňka obsahuje pigment, který se skládá z některých variant proteinových opsinů blízké příbuzných vitaminu A. Jakmile pigment absorbuje světlo (nebo přesněji, jakmile absorbuje

balíček energie zvaný foton), přidaná energie způsobí, že sítnice změní tvar spuštěním řetězce molekulárních reakcí vedoucích k podráždění kónické buňky. Toto podráždění postupně vede k aktivaci sítnicových neuronů, jejichž jeden soubor vysílá impulsy do zrakových nervů, které převádějí informace o přijatém světle do mozku.

Čím je světlo intenzivnější, tím více fotonů je absorbováno zrakovými pigmenty a tím větší je podráždění jednotlivých čípků a objeví se jasnější světlo. Avšak informace přenášená jednotlivými čípkami je omezena. Tato buňka sama o sobě nedokáže informovat mozek o vlnové délce světla, které způsobuje její podráždění. Některé vlnové délky jsou absorbovány lépe než jiné a jednotlivé zrakové pigmenty jsou charakterizovány spektrem, které popisuje, jak se s určitou vlnovou délkou absorpce mění. Zrakový pigment dokáže absorbovat současně dvě vlnové délky, ale i přes jejich fotony obsahující různé energie je čípek nedokáže rozlišit, protože obě způsobují, že sítnice změní svůj tvar, a tak spustí stejný molekulární řetězec reakcí vedoucí k podráždění. Vše, co může čípek udělat, je spočítat fotony, které absorbuje. Nedokáže

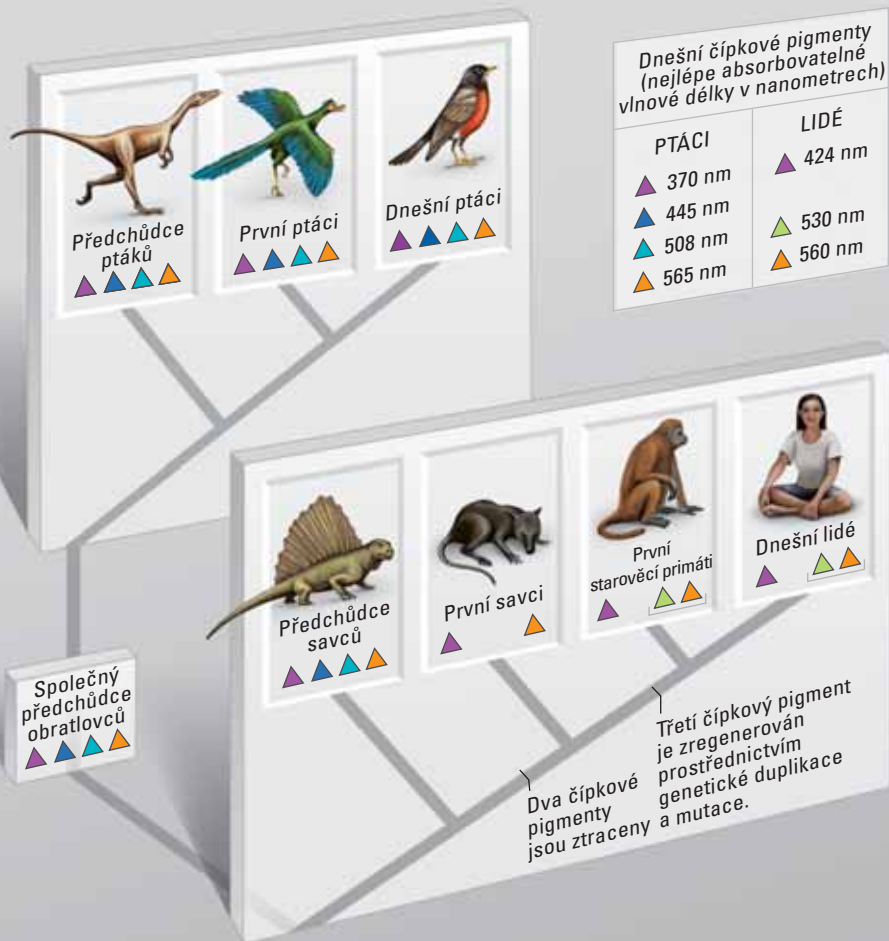
rozlišovat jednotlivé vlnové délky. Proto může být čípek rovnoměrně podrážděn intenzivním světlem při relativně slabě absorbované vlnové délce a tlumeným světlem při snadno absorbované vlnové délce.

Důležitým závěrem, ke kterému zde chceme dojít je důležitý fakt: aby mozek viděl barvu, musí porovnat reakce dvou nebo více tříd čípků obsahujících různé zrakové pigmenty. Přítomnost více než dvou typů čípků v sítnici umožňuje dokonce větší schopnost vidět různé barvy. Opsiny odlišující jeden čípek od druhého poskytují klíč ke studiu evoluce barevného vidění. Vědci dokáží určit evoluční souvislosti opsinů v různých třídách čípků a podle různých druhů živočichů zkoumáním uspořádání báze nukleotidů (nebo DNA) v genech, které tyto proteiny kódují. Výsledné evoluční stromy prozrazují, že opsiny vznikly ze starověkých proteinů, které existovaly již před vznikem hlavních skupin živočichů, kteří v současnosti obývají Zemi. Dokážeme vysledovat tři linie pigmentů v sítnicových čípcích obratlovců pojmenované deskriptivně po spektrální oblasti, ve které jsou nejcitlivější – dlouhé vlnové délky, středně dlouhé

PTAČÍ VÝHODA

Pomocí rozboru DNA současných druhů byli vědci schopni podívat se do minulosti a určit, jak se čípkové pigmenty během vývoje obratlovců změnily. Tato práce ukazuje, že pravěcí obratlovci měli čtyři typy čípků (*barevné trojúhelníky*), kde jednotlivé z nich obsahovaly různé pigmenty. Savci během počátku evoluce ztratili dva tyto typy – pravděpodobně proto, že tyto živočichové žili nočním životem a čípkové nejsou potřeba pro vidění v šeru. Ptáci a většina plazů má naopak čtyři spektrálně odlišné typy sítnicových čípků.

Po vymření dinosaurů se začali savci měnit a linie, která dala vzniknout starověkým primátům – africké opice, lidoopi a lidé - regenerovala třetí čípek prostřednictvím duplikace a následné mutace genu pro jeden ze zbývajících pigmentů. Protože se lidé vyvíjeli z této linie primátů, máme na rozdíl od většiny savců tři čípkové (*místo dvou*) a trichromatické barevné vidění – zdokonalené vidění, které se však nemůže vyrovnat mnohem pestřejšímu vizuálnímu světu ptáků.



vlnové délky, krátké vlnové délky a UV. Všechny hlavní skupiny obratlovců mají v sítnici tyčinky a také čípky. Tyčinky obsahující zrakový pigment rhodopsin umožňují vidění za šera. Rhodopsin je podobný strukturou i absorpčními vlastnostmi čípkovým pigmentům, které jsou mnohem citlivější na vlnové délky ve středním zrakovém spektru a z těchto pigmentů se vyvinuly před stamiliony let.

Ptáci mají čtyři spektrálně odlišné čípkové pigmenty získané z každé ze čtyř evolučních linií. Savci však mají pouze dva čípkové pigmenty, jeden maximálně citlivý na UV-světlo a druhý citlivý na dlouhé vlnové délky. Pravděpodobným vysvětlením tohoto nedostatku je, že během počátečního vývoje v druhohorách (před 245–65 miliony let) byli savci malí, nevýrazní a žili v noci. Jak

genů navíc. Pokud následující generace udrží tyto geny navíc, přirozený výběr může uchovávat užitečné mutace, které v nich vznikly. Jak dokázali Jeremy Nathans a David Hogness pracující na Stanfordské univerzitě, něco takového proběhlo v průběhu posledních 40 milionů let ve zrakové soustavě našich předků. Nerovnoměrná výměna DNA v reprodukční buňce a následná mutace genu navíc na pigment citlivý na dlouhé vlnové délky měla za následek vytvoření druhého pigmentu citlivého na dlouhé vlnové délky, který se posunul v citlivosti na maximum. Tato linie primátů se tedy odlišila od ostatních savců, protože měla tři čípkové pigmenty místo dvou a trichromatické barevné vidění.

I přes výrazné zdokonalení nás tato soustava nevybaňuje kvintesenčním barevným viděním. Naše vidění je



Plameňák

BARVA ve skutečnosti není vlastností světla nebo předmětu, který světlo odráží. Je to vjem, KTERÝ VZNIKÁ V MOZKU.

se vyvíjely jejich oči pro život v noci, stávali se více závislí na vysoce citlivých tyčinkách a méně závislí na barevném vidění. Následně přišli o dva ze čtyř čípkových pigmentů, které měli po svých předcích, o pigmenty přetrvávající u většiny plazů a ptáků.

Vyhynutí dinosaurů před 65 miliony let představovalo pro savce nové příležitosti pro další vývoj a ti se začali diferencovat. Jedna skupina, do které patřili předchůdci člověka a ostatních současných primátů, začala žít ve dne, přesídlila do stromů a začala se živit převážně ovocem. Barvy květů a ovoce se často odrážejí od okolní zeleně, ale savci pouze s jedním čípkovým pigmentem citlivým na dlouhé vlnové délky nebyli schopni vidět kontrastní barvy v zelené, žluté a červené oblasti spektra. Řešení pro tyto primáty existovalo v nástrojích evoluce.

V buněčném dělení, které probíhalo během tvorby vajíček a spermií, docházelo příležitostně k nerovnoměrné záměně součástí chromosomů a k tvorbě zárodečné buňky, která měla chromosom obsahující jeden nebo více

němčím výsledkem evoluční obnovy a postrádá jeden pigment tetrachromatické zrakové soustavy ptáků, mnoha plazů a ryb. Naše genetické dědictví nás některé znevýhodňuje také jinak. Oba naše geny pro pigmenty vnímání dlouhých vlnových délek leží na chromosomu X. Protože samci mají pouze jeden chromosom X, mutace v kterémkoliv z pigmentových genů mohou způsobit u postiženého jedince sníženou schopnost rozlišování mezi červenými a zelenými odstíny. Samice trpí tímto problémem mnohem méně, protože pokud je gen pigmentu poškozen na jednom chromosomu X, mohou stále vytvářet pigment pomocí zdravého genu na jiném chromosomu X.

Čípkové pigmenty nejsou jedinými základními prvky, které ze sítnice během počátku evoluce savců vymizely. U ptáků a plazů každý čípek obsahuje barevné olejové kapénky, které však savci již v čípcích nemají. Tyto kapénky s vysokou koncentrací molekul zvaných karotenoidy jsou umístěny tak, aby světlo procházelo skrz ně předtím než dosáhne membrány vnějších čípků, kde jsou umístěny zrakové pigmenty. Olejové kapénky mají funkci filtru, odstiňují krátké vlnové délky a zužují absorpční spektrum zrakových pigmentů. To snižuje spektrální přesah mezi pigmenty a zvyšuje počet barev, kterou jsou ptáci v podstatě schopni rozlišovat.

Testování barevného vidění ptáků

Přítomnost čtyř typů čípků obsahujících různé zrakové pigmenty zcela určitě znamená, že ptáci mají barevné vidění. Přesto přímá demonstrace schopnosti vidět barvy vyžaduje experimenty chování, při kterých ptáci prokazují, že dokážou rozlišovat barevné předměty. Tyto

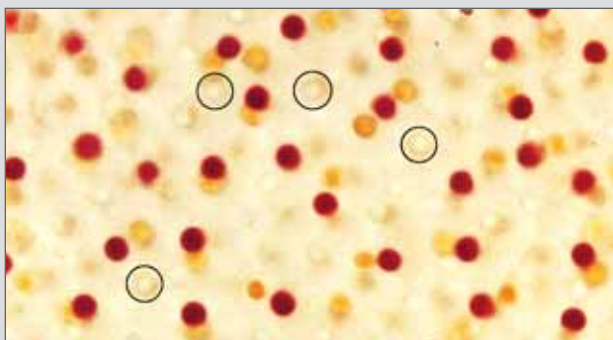
[AUTOR]

TIMOTHY H. GOLDSMITH

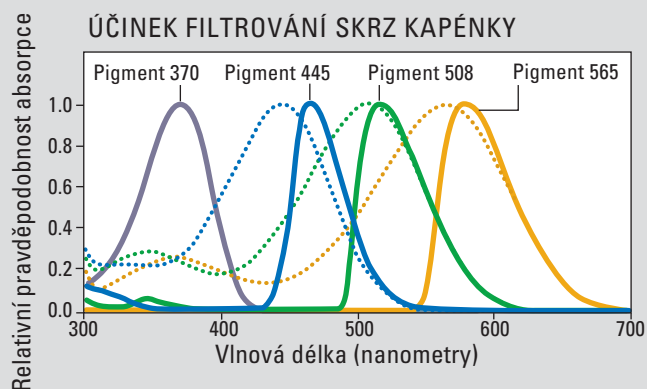
je bývalým profesorem molekulární, buněčné a vývojové biologie na univerzitě Yale a členem Americké akademie umění a věd. V průběhu padesáti let studoval vidění korýšů, hmyzu a ptáků. Podporoval také zájem o evoluci lidského vědomí a chování a spolupracoval s vědci z institutu Gruter Institute pro výzkum práva a chování. Po více než deset let, předtím než odešel na odpočinek, učil Goldsmith studenty humanitní a sociální vědy a s Williamem Zimmermanem napsal dílo *Biology, Evolution and Human Nature*.

VÝZNAM OLEJOVÝCH KAPÉNEK

Sítnicové čípký ptáků a mnoha druhů obratlovců si zachovaly několik vlastností ztracených z čípků savců. Z nich jsou pro barevné vidění nejdůležitější olejové kapénky. Čípký ptáků obsahují červené, žluté a téměř bezbarvé a průhledné kapénky. Mikrosnímek sítnice veverka obecné (vlevo) jasně ukazuje žluté a červené kapénky, černé kroužky označují několik bezbarvých kapének. Až na zcela průhledné kapénky se všechny ostatní chovají jako filtr, který odstraňuje světlo krátké vlnové délky.



Účinek filtrování zužuje spektrální citlivost tří ze čtyř čípků ptáků a mění je na delší vlnové délky (graf). Omezením vlnových délek, na které čípký reagují, umožňují kapénky ptákům rozlišovat více barev než by viděli bez kapének. Ozón ve vysoké atmosféře absorbuje vlnové délky kratší než 300 nanometrů, zatímco UV-vidění ptáků vyžaduje vlnové délky blízko UV od 300 do 400 nanometrů.



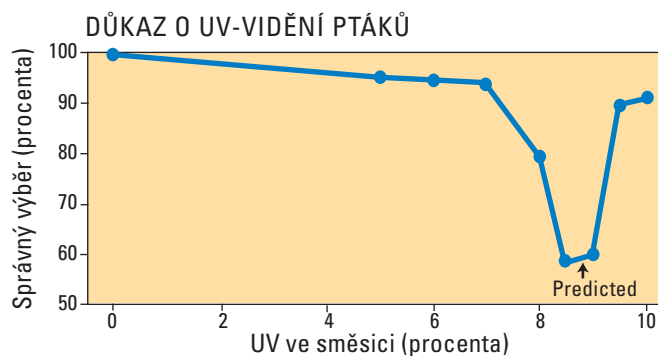
experimenty musejí také vyloučit jiné podněty, jako například jas, kterého by mohli ptáci využít. Ačkoliv vědci na ptácích prováděli experimenty tohoto typu, se zkouškami úlohy UV-čípků začali teprve v několika posledních desetiletích. Společně se svým dřívějším studentem Byronem K. Butlerem jsem se rozhodl využít techniku porovnávání barev, abychom přezkoumali jak se tyto čtyři čípký podílejí na vidění.

Abychom pochopili fungování techniky porovnávání barev, zvažme nejprve naše vlastní barevné vidění. U lidí žlutá barva dráždí oba typy čípků citlivých na dlouhé vlnové délky. Kromě toho je možné najít směsici červeného a zeleného světla, která dráždí stejné dva čípký ve stejném rozsahu a tato směsice bude vnímána jako stejná žlutá (jako v případě čistě žlutého světla). Jinými slovy, dvě fyzicky odlišná světla se mohou barevně shodovat (připomínám, že k vnímání barvy dochází v mozku). Naše mozky rozlišují barvy ve své oblasti spektra porovnáváním výstupních informací dvou čípků pro dlouhé vlnové délky.

Vybaveni touto znalostí fyzikálních vlastností čtyř čípků a olejových kapének jsme byli s Butlerem schopni vypočítat, které směsice červené a zelené vlnové délky mohou ptáci vidět při stejném odstínu jako určité žluté spektrum. Protože lidské a ptačí zrakové pigmenty nejsou stejné, tato směsice byla odlišná od toho, co jsme mohli předpovídat pro lidi, které jsme požádali, aby provedli porovnání stejných barev. Pokud ptáci reagovali na světlo tak, jak jsme předpovídali, takový výsledek by potvrdil naše měření zrakových pigmentů a olejových kapének a umožnil by nám pokračovat ve zkoumání, zda

a jak jsou čípký citlivé ultrafialové záření zapojené do barevného vidění.

Jako předmět bádání jsme použili australskou andulku zvanou papoušek vlnkovaný (*Melopsittacus undulatus*). Vycvičili jsme andulky, aby si spojovaly jídlo se žlutým světlem. Andulka se posadila na bidýlko, ze kterého viděla dvě přibližně tři stopy vzdálená světla. Jedno bylo žluté cvičné světlo a druhé představovalo různé směsice červeného a zeleného světla. Během testování andulky přilétaly ke světlu, které předpovídalo jídlo. Když přiletěly ke žlutému světlu, na moment se otevřelo krmítko a andulky si mohly zobnout zrní. Když přiletěly k ne-



VIDÍ PTÁCI SKUTEČNĚ VLNOVÉ DÉLKY UV jako zřetelnou barvu? Autor se svými kolegy v experimentu ukázal, že ano. Vědci vycvičili andulky v rozlišování fialového cvičného světla od světla kombinujícího modré světlo a UV-záření. Když bylo v této směsici pouze 8% UV-záření, shodovalo se s odstínem cvičného světla a ptáci často chybovali. Tam kde autor na základě měření zrakových pigmentů a olejových kapének sítnicových čípků ptáků vypočítal, že se barvy shodují, jejich volba byla náhodná (šipka).

správnému světlu, nedostaly žádnou odměnu. V nepravdivých intervalech jsme měnili směsici červené a zelené a stejně tak jsme měnili polohy obou světel, aby si nemohly andulky spojovat jídlo s pravou nebo s levou stranou. Měnili jsme také intenzitu cvičných světel, aby nemohly andulky využívat jas jako podnět.

U většiny směsic červené a zelené byli ptáci rychle schopni vybrat cvičné světlo a dostat se tak ke své odměně. Když však směsice obsahovala 90 % červené a 10 %

naše trichromatické barevné vidění může představovat trojúhelník, zatímco jejich tetrachromatické barevné vidění vyžaduje rozměr navíc představující čtyřstěnný nebo trojboký jehlan. Prostor nad dnem čtyřstěnného jehlanu zahrnuje různé barvy, které leží mimo přímou lidskou zkušenost.

Jak mohou ptáci využívat toto bohatství barev? U mnoha druhů ptáků mají samci mnohem jasnější barvy než samice a tak podle zjištění citlivosti na UV-zářeni



Ara

Vědci do sedmdesátých let dvacátého století netušili, že mnoho živočichů vidí barvy BLÍZKO UV-SPEKTRA.

zelené, kdy se námi vypočítaný podíl shodoval s odstínem žlutého cvičného světla, byli ptáci zmateni a jejich volba byla nahodilá.

Mimo lidské vnímání

naše experimenty poskytly důkaz, že ptáci pro své barevné vidění využívají všechny čtyři typy sítnicových čípků. Pro lidi je to však obtížné - a vlastně nemožné - zjistit jaké je jejich procento barev. Nejen že vidí ultrafialové světlo, mohou vidět také barvy, které si nedokážeme ani představit. Jako přirovnání můžeme říci, že

vědci hledali důkaz, že UV-barvy neviditelné pro lidi mohou u ptáků ovlivňovat volbu partnera.

V jednom směru výzkumu studoval Muir Eaton, tehdy na Univerzitě v Minesotě, 139 druhů ptáků, u kterých vypadala jednotlivá pohlaví pro lidského pozorovatele stejně. Na základě výpočtů vlnových délek světla odrážejícího se od peří usoudil, že ve více než 90% těchto druhů vidí oko ptáka rozdíly mezi samci a samicemi, které ornitolog nikdy nezaznamená.

Ve studii samců 108 druhů australských ptáků našla Franziska Hausmann s mezinárodní skupinou kolegů

MARTIN HARVEY Corbis (foto nahore); ARTHUR MORRIS Corbis (foto dole); JEN CHRISTIANSEN; ZDROJ: TIMOTHY H. GOLDSMITH (ilustrace)

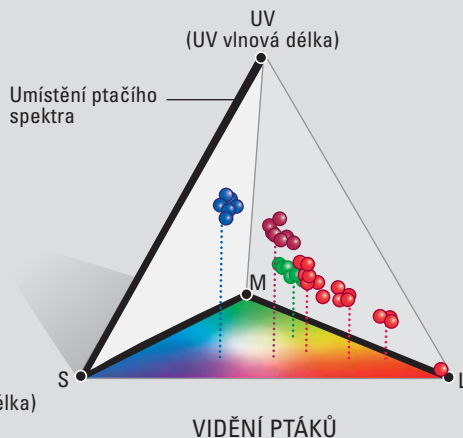
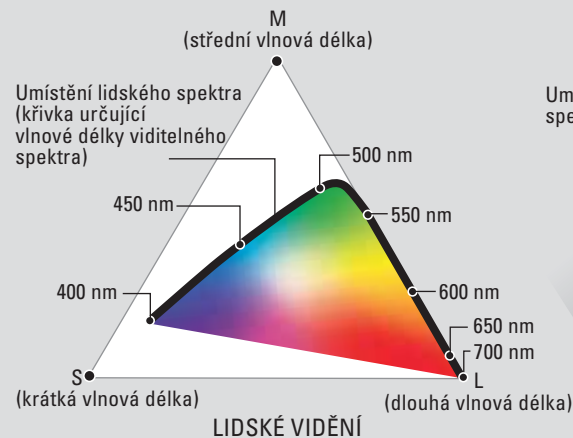
VIRTUÁLNÍ POHLED DO VIZUÁLNÍHO SVĚTA PTÁKŮ

Barevné vidění lidí lze zmapovat jako trojúhelník. Všechny barvy spektra, které mohou lidé vidět, se shlukují podél černé křivky uvnitř trojúhelníku a všechny ostatní barvy vzniklé kombinací světel leží pod křivkou.

Pro zmapování barevného vidění ptáků musíme přidat další rozměr - výsledkem je prostorový, čtyřstěnný jehlan. Všechny barvy, které neaktivují UV-receptory, leží na dně jehlanu, protože olejové kapénky čípků zvyšují počet barev, které mohou ptáci vidět (jak je vysvětleno v rámečku na

předchozí straně), spektrální umístění se blíží k okrajům trojúhelníkového dna spíše než lidský barevný trojúhelník ve tvaru žraločí ocasní ploutve. Barvy zahrnující UV-receptor spadají do prostoru nade dnem. Například červené, zelené a modré peří strnada (fotografie) odráží rozmanité odstíny UV-světla navíc k barvám, které my lidé vidíme (graf).

Pro grafické znázornění barev, které vidí samička strnadů, když hledá partnera, se musíme přenést z trojúhelníku do trojrozměrného jehlanu.



SAMEC STRNADA

Představte si svět v UV-světle

Ačkoliv nikdo neví jak vypadá svět očima ptáků, tyto představy třapatků nabízejí náznak toho jak může změnit schopnost vidět UV-světlo pohled na svět. Pro nás je uprostřed květiny malý černý kroužek (vlevo). Ale kamera vybavená tak, aby odhalovala pouze UV-světlo viděla pro nás neviditelný pohled s mnohem větším tmavým kroužkem (vpravo). Tyto fotografie pořídil Andrew Davidhazy, profesor zobrazovacích a fotografických technologií na Rochester Institute of Technology.

—Redakce



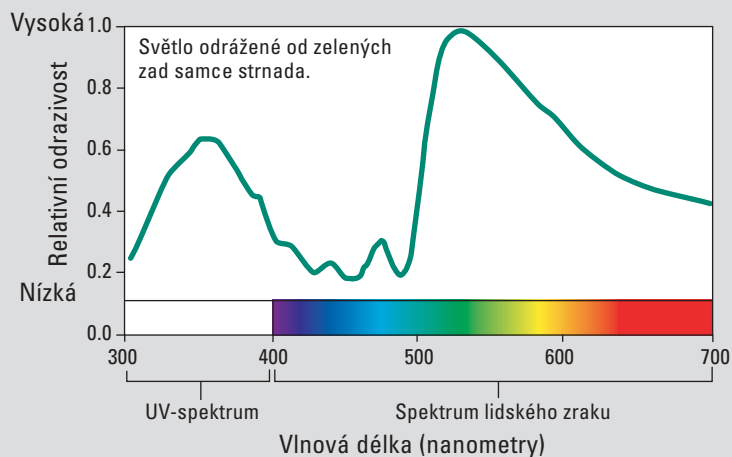
barvy s UV-součástí výrazně častěji na peří na místech ukazovaných při námluvách než na peří kdekoli jinde na ptačím těle. Kromě toho skupiny v Anglii, ve Švédsku a ve Francii studovaly sýkoru modřinku (*Parus caeruleus*), severoamerickou veverka obecnou příbuznou euroasijské a špačky (*Sturnus vulgaris*) s výsledky ukazujícími, že samičky ve skutečnosti přitahují samce, kteří ukazují nejjasnější odrazy UV-světla. Proč je tomu tak? Odrazy UV-světla od peří závisí na submikroskopických strukturách peří, takže to může sloužit jako užitečný ukazatel zdraví samce. Amber Keyser a Geoffrey Hill z Univerzity v Georgii a Univerzity Auburn ukázali, že samci

dlaska modrého (*Guiraca caerulea*) s nejjasnějším a nejvíce UV-odrážejícím peřím jsou velcí, mají velká teritoria s přebytkem potravy a svá mláďata krmí mnohem častěji než jiní samci.

Obecněji řečeno, UV-receptor může poskytnout výhodu při shánění potravy. Dietrich Burkhardt z Univerzity v Regensburgu v Německu prokázal, že voskový povrch mnoha druhů ovoce a bobulí odráží UV-zářeni, které může prozrazovat jejich přítomnost. Jussi Viitala z Univerzity v Jyväskylä ve Finsku se svými kolegy odhalila, že malé poštolky jsou schopny lokalizovat stopy hraboše pouhým zrakem. Tito malí hlodavci zanechávají pachové stopy moči a trusu, které odrážejí UV-světlo, a tak jsou viditelné pro poštolky disponující UV-receptory, zejména na jaře než jsou tyto stopy zakryty vegetací.

Lidí, kteří nemají o těchto zajímavých odhaleních ani tušení, se mě často ptají „K čemu je ptákům UV-vidění?“ Zdá se, že tato otázka naznačuje, že citlivost na UV-světlo musí být zvláštností nebo dokonce charakteristickým rysem, bez kterého by se mohli sebejistí ptáci klidně obejít. Jsme natolik uzavřeni do světa našich vlastních smyslů, že ačkoliv snadno pochopíme a obáváme se ztráty zraku, nedokážeme si představit vizuální svět mimo ten náš. Je ponížující zjistit, že evoluční dokonalost je iluzí a že svět není přesně takový, jak si ho představujeme, když ho posuzujeme ve světle lidské do-

Barvy odrážející se od malých oblastí peří představují shluky bodů. Jasně červené pro hrud a hrdlo, tmavší červené pro zadní část těla, zelené pro záda a modré pro hlavu. (Nedokážeme samozřejmě ukázat barvy, které vidí ptáci, protože žádný člověk tyto barvy nedokáže zaznamenat.) Čím víc UV-světla je v barvě, tím výš jsou body umístěny. V rámci jednotlivých shluků dochází k rozdělování bodů, protože vlnové délky odráženého světla se liší v rámci oblastí - například to, co my lidé vidíme jako červenou oblast hrudi a hrdla.



➡ CHCETE-LI VĚDĚT VÍCE:

The Visual Ecology of Avian Photoreceptors. N. S. Hart v *Progress in Retinal and Eye Research*, díl 20, č. 5, strany 675–703; září 2001.

Ultraviolet Signals in Birds Are Special. Franziska Hausmann, Kathryn E. Arnold, N. Justin Marshall a Ian P. F. Owens v *Proceedings of the Royal Society B*, díl 270, č. 1510, strany 61–67; 7. leden 2003.

Color Vision of the Budgerigar (*Melopsittacus undulatus*): Hue Matches, Tetrachromacy, and Intensity Discrimination. Timothy H. Goldsmith and Byron K. Butler v *Journal of Comparative Physiology A*, díl 191, č. 10, strany 933–951; říjen 2005.