

## **Biologický kompas.**

Keď si predstavím, že by som bola v strede oceána, bez kompasu, alebo GPS, neviem veru, ako by som sa dopádlovala do cieľa. Ako to, že korytnačky, veľryby, sťahovavé vtáky, mloky, salamandre, krysy, poštové holuby a ďalšie zvieratá by sa bez väčších problémov zorientovali a navádzali sa na cieľ?

Čo majú také, čo ľudia nemajú?

Je to také záhadné, ako je možné, že tieto organizmy sú schopné cítiť magnetické pole Zeme a túto informáciu použiť na orientáciu v priestore. Hypotéza, že migrujúce vtáky používajú geomagnetické pole na orientáciu bolo známe už v roku 1859. Vie sa ako kompas funguje u baktérii, ale biofyzikálny mechanizmus cítenia magnetického poľa vyšších živočíchov je ešte stále neznámy. Medzi teoretické modely pre mechanizmus magnetoreceptorov, ktoré zaujali, patria tie, ktoré uvádzajú použitie magnetických častíc ako magnetoreceptorov a mechanizmus na základe fotorecepcie.

Tieto hypotézy sa na základe experimentov snažia čo, to vysvetliť.

Budem sa zaoberať hlavne sťahovavými vtákmi, ale aj inými zvieratami a snáď aj človekom.

### **Sťahovavé vtáky**

Každú jeseň odlietajú na juh a na jar zas na sever, niektoré naopak a niektoré - ako napríklad vrany – letia iba do miest. V období migrácie sú vtáky veľmi nepokojné a nedočkavé, čo sa dá vidieť na pravidelnom zhromažďovaní sa v kletke v smere, v ktorom chcú odlietať, napríklad na jeseň, na juh. Ako sa však mení magnetické pole, tak sa aj vtáky orientujú v kletke vždy iným, novým smerom.

Zdá sa, že sú schopné okrem hviezd, polarizácie svetla a polohy Slnka získavať ešte ďalšiu vizuálnu informáciu so slabého magnetického poľa Zeme o tom, či sa nachádzajú správne na trase migrácie. Vedci ešte nevedia presne, čo vtáky vidia. Predpokladajú, že dostávajú istý druh vizuálnej informácie, keď sú na ceste a iný druhý, keď sa z nej odchýlia. Je to ako čistý príjem, keď anténa je naladená a šum, keď nie je. Podobne reagujú škrečky, salamandre alebo lososy.

### **Morské korytnačky**

Biológ Kenneth Lohmann a traja jeho kolegovia z University of North Carolina v Chapel Hill vykonali zaujímavý experiment. Umiestnili karety do kruhových bazénov, okolo ktorých rozložili systém počítačovo riadených magnetických cievok. Takto postupne simulovali geomagnetické pomery na troch navzájom vzdialených okrajoch Severoatlantického víru - východne od Floridy, severne od Brazílie a západne od severného Španielska. Testované novovyliahnuté mláďatá karety obvyčajnej mali na pancieri pripevnený špeciálny postroj, z ktorého viedol komunikačný kábel, oznamujúci elektronickej sledovacej jednotke smer, ktorým sa v danom okamihu pohybujú. Ani jedna sa nezmylila - vždy plávali smermi, ktoré by ich bezpečne udržali v Severoatlantickom víre, kde za normálnych, prirodzených okolností zostanú

niekoľko rokov, plávajúc a hľadajúc si potravu po okolí. Je pre nich životne dôležité, aby nezablúdili ani príliš na sever, ani príliš na juh. Na unášanie prúdmi sa nemôžu spoľahnúť, lebo by ich mohlo zaniest' buď do priveľmi chladných vôd na severe, kde by nevyhnutne zahynuli, alebo príďaleko na juh, kde by ich zasa strhol juhoatlantický systém morských prúdov celkom mimo ich domovskej oblasti. Musia teda občas aktívne plávať. Ako sa orientujú? Pritom išlo o novovyliahnuté mláďatá, ktoré ešte nikdy neboli v oceáne. Bud' majú v pamäti dedičnú veľkomeradlovú magnetickú mapu alebo zakódované reakcie na takpovediac výstražné parametre magnetického poľa, aby sa vyhli potenciálne nebezpečným oblastiam. Vedci už v minulosti zistili, že tieto korytnačky dokážu vnímať magnetické inklináciu (sklon magnetickej osi) a intenzitu magnetického poľa.

Geomagnetické pole Zeme je generované tekutým železom, pohybujúcim sa vo vnútri zemského jadra. Predstavme si tyčový magnet zabudovaný v centre zemegule, orientovaný zo severu na juh. Magnetické siločiarly prechádzajú okolo a cez Zem. Prechádzajú cez magnetické polia ako čiary medzi segmentami pomaranča. Toto pole je veľmi slabé (okolo 0,5 Gauss). Ako môžu zvieratá cítiť takéto slabé polia? Je to možné v princípe tromi spôsobmi:

**Mechanickými receptormi**, pričom na takéto slabé magnetické polia sú schopné produkovať odpoveď iba feromagnety. Kryštáliky magnetitu (oxid železnato-železitý) sa našli v telách najrôznejších živočíšnych druhov, od mikróbov po vtákov a cicavcov. Výnimkou nie sú ani niektorí ľudia, u ktorých sa tieto kryštáliky sústreďujú v dutých kostiach. Možno slúžia ako biomagnety a vďaka nim príslušné organizmy dokážu vnímať magnetické pole našej planéty (magnetorecepcia). Napríklad baktérie, ktoré žijú hlboko v bahne na dnách vodných telies, takto zisťujú, kde je smer dole. Na takéto magnetické častice sa uplatňuje krútiaci moment vplyvom magnetického poľa, čiže rotujú, ale aj tepelný efekt.

**Elektrická indukcia:** Pohyb v magnetickom poli má za následok indukciu elektrického prúdu. Istý druh rýb má špeciálne senzory na vnímanie elektrického poľa s vysokou presnosťou a tento orgán môže tiež poslúžiť na detekciu magnetického poľa. Tento orgán však nemá žiadne zvieratá schopné magnetorecepce.

**Chemické receptory:** Magnetickým poľom môžu byť ovplyvnené reakcie, čo zahŕňajú prechod medzi odlišnými spinovými stavmi. Čiže vplyvom daného magnetického poľa vznikne jeden z možných produktov. Magnetické pole, oveľa silnejšie ako geomagnetické ovplyvňuje chemickú reakciu tak, že vznikajú podstatne zmenené produkty. Slabým poľom okolo 0,5 Gauss, je možné pozorovať malé, ale merateľné zmeny v pomeroch produktov. Geomagnetické pole môže teda vyvolať reakciu radikálových párov.

### **Od svetla závislý magnetoreceptorový mechanizmus:**

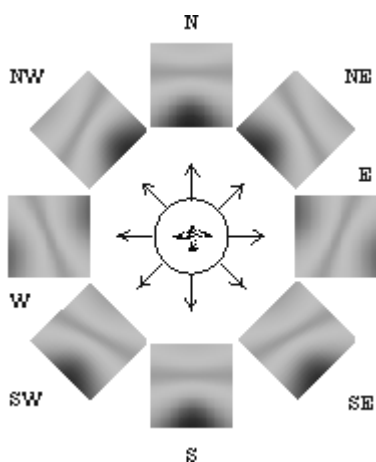
Táto hypotéza vychádza z experimentov, ktoré poukazujú na fakt, že ak je prítomné iba červené svetlo, tak sa vtáky nevedia dlhšie orientovať. Magnetický kompas je závislý na prítomnosti svetla krátkych vlnových dĺžok-modré, zelené (Wiltschenko at al., 1993). Takéto správanie viac podporuje názor, že ide skôr o fotoreceptory ako o magnety v magnetoreceptoch.

Ďalším dôkazom pre magnetorecepciu závislú od svetla je to, že neurofyziologická odpoveď je závislá na prítomnosti svetla a neporušenej sietnice. (Semm and Demaine, 1991).

Umiestnenie tohoto systému je pravdepodobne v receptoroch v nervovej oblasti očí a mozgu. Pigment (proteiny), ktorý absorbuje svetlo, umožňuje získavať informácie o farbách, dni a noci.

V ľudskom optickom systéme poznáme päť receptorov. Tri pre spracovanie farieb (u farboslepých len dva), jeden pre čiernu a bielu farbu a piaty, čo sa dá pravdepodobne označiť za regulátor denného a nočného rytmu u zvierat a možno aj u ľudí. Ukázalo sa, že tento piaty receptor môže tiež hrať úlohu v spracovaní magnetických signálov.

Skúma sa možnosť, že magnetoreceptory obsahujú dvojicu radikálov. Teoreticky je ukázané, že vplyvom poľa a intenzity geomagnetického poľa a slabšie môžu mať za následok produkciu signifikantne odlišných reakcií, pre rôzne orientovanie radikálových párov s magnetickým poľom. A tým získavať vizuálne modulované vzory. Takto sa nedá zistiť polarita, ale iba os geomagnetického poľa a inklinácia, odklon od osi.



Obrázok:

Vzory modulované opticky prostredníctvom geomagnetického poľa (0.5 G, sklon  $68^\circ$ ) pre vtáka letiaceho rovnobežne s obzorom a pohľad smerom N, NE, E, SE, S, SW, W, a NW. (Ritz, Shulten, Adem, 2000)

### **Biologický kompas a mozog**

Česko-nemecký tím zoológov na čele s Pavlom Němcom z Karlovej univerzity v Prahe zasa pátral po špecifickej oblasti magnetorepcie v mozgu. Vybrali si zambíjske krasy krtčie. O týchto zvieratách je známe, že sa pri budovaní komplexných podzemných hniezd orientujú podľa geomagnetického poľa. Vedci sledovali príslušné správanie týchto krás, pričom vizualizovali vyjadrovanie transkripčného faktora c-Fos v ich mozgoch. Ide o bielkovinu s regulačnou funkciou, markér aktivity neurónov, ktorý sa bežne využíva pri výskume zmyslového vnímania. Cez c-Fos zaznamenávali neuronálnu aktivitu krás, orientujúcich sa jednak podľa prirodzeného zemského magnetického poľa, jednak po laboratórne navodených zmenách lokálneho magnetického poľa, počas budovania hniezd v pre ne známej experimentálnom prostredí.

Zistili, že oblasť mozgu krýs krtčích zvaná horný hrbol (superior colliculus) obsahuje neuróny citlivé na magnetické podnety. Sú výberovo orientované a organizované do zvláštnej podvrstvy. Pri pokusných zmenách magnetickej polarizácie sa intenzita vyjadrovania c-Fos prekvapujúco znížila, no rozsah aktivovanej oblasti zväčšil. Magnetozmyslový vstup krýs sa zrejme organizuje do akejsi topografickej mapy vonkajšieho zmyslového priestoru. Němec a kol. tak dokázali, že na magnetorecepciu cicavcov sa podieľa špecifická mozgová štruktúra.

### **Záver**

U človeka bol tento zmysel potlačený asi tým, že sme sa napr. nepotrebovali prekonávať veľké vzdialenosti, alebo sa sťahovať do teplých krajín. Možno si naši predkovia pri putovaní vystačili s orientáciou pomocou hviezd a vôbec, veď teraz máme kompas a inú techniku a nie nejaké magnetoreceptory... Aj keď to, že na magnetorecepciu u cicavcov sa podieľa špecifická mozgová štruktúra podporuje úvahy o „šiestom zmysle“ u človeka.

Geomagnetické pole nás asi ale trochu ovplyvňuje, čo ukazuje pokus, pri ktorom vedci zobrali študentov, ktorí mali zakryté oči, na okružnú cestu autobusom a potom ich požiadali, aby určili smer k svojmu domu. Keď mali na hlavách magnety, dosahovali oveľa horšie výsledky.

### **Použitá zdroje:**

Ritz T., Adem S., Shulten K. : „A model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds“, Biophysical Journal, Vol. 78, February 2000.

John B. Phillips, S. Chris Borland : „Behavioural evidence for use of light-dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate.“ Department of Biology, Indiana University, Bloomington, Indiana 47 405, USA.

Lohmann, Kenneth J., Shaun D. Cain, Susan A. Didge, and Catherine M.F. Lohmann: „Regional Magnetic Fields as Navigational Markers for Sea Turtles“, Science, Vol. 294, 2001.

[www.nwf.org](http://www.nwf.org) Navigating With A Built-In Compass

---