

## O krowach w polu (magnetycznym)

Czy krowa może służyć jako kompas? Niestety, nie, ale już stado krów jak najbardziej. Okazuje się bowiem, że statystycznie krowy ustawiają się zgodnie z kierunkiem linii pola magnetycznego, tj. północ-południe, z łbami skierowanymi ku północy. Podobne właściwości wykazują też jelenie.

Człowiek od dawna wykorzystywał umiejętności nawigacyjne zwierząt. Dotyczyło to w szczególności ptaków takich jak gołębie, które umożliwiały sprawna i szybką łączność między oddalonymi miejscami. Dość rzec, że w jednej z najważniejszych bitew frontu wschodniego pierwszej wojny światowej, jaka rozegrała się pod Tannenbergiem, użycie niosących wiadomości gołębi uważa się za jeden z czynników, które przesądziły o zwycięstwie armii niemieckiej; Rosjanie eksperymentowali wtedy z nowinką techniczną, jaką było radio, ale zaniedbali szyfrowanie komunikatów. Gloria zwycięskiego wodza otworzyła dowódcy wojsk niemieckich, Paulowi von Hindenburgowi drogę do szczytów politycznych, w tym objęcia stanowiska prezydenta Niemiec.

W jaki sposób ptaki rozpoznają kierunki i wiedzą, gdzie lecieć? Wiadomo, że wykorzystują do tego pole magnetyczne, bo jego zaburzenia prowadzą do dezorientacji ptaków. Sądono niegdyś, że mogą tu być użyteczne sole mineralne zawierające żelazo, jakie odkładają się w dziobach. Okazało się jednak, że, przynajmniej u gołębi, sole te znajdują się w makrofagach, które nie mają skutecznego sposobu komunikowania się z układem nerwowym. Co więcej, badania przeprowadzone na rudzikach wykazały, że nie odróżniają one kierunku północnego od południowego, nie są zatem czułe na zwrot pola magnetycznego. Oznacza to, że intuicja „kompasu w głowie” ptaków, pozwalającego im nawigować w ziemskim polu magnetycznym, jest najprawdopodobniej błędna. Tym bardziej że zdolność orientacji tych ptaków zależy również od natężenia i widma światła w ich otoczeniu.

Jak zatem wyjaśnić umiejętności orientacyjne ptaków na najbardziej podstawowym, mikroskopowym poziomie? Z pomocą przychodzi tu chemia kwantowa. Wyobraźmy sobie układ dwóch związanych cząsteczek, z których każda ma niesparowany elektron. Każdy elektron ma kwantową własność zwaną spinem, czyli fundamentalnym momentem magnetycznym. W przypadku pojedynczego elektronu możemy sobie wyobrazić, że szybko wirujący rozkład ładunku będzie oddziaływał z polem magnetycznym w swym otoczeniu, jednak metafora ta zawodzi, jeśli będziemy rozważać większą liczbę elektronów, na przykład dwa. W typowych reakcjach chemicznych spiny niesparowanych elektronów są skorelowane, przy czym istnieją dwie zasadnicze możliwości wystąpienia takiej korelacji (tzw. stan singletowy

i trypletowy). W zależności od tego, z którą możliwością mamy do czynienia, spiny elektronów oddziałują różnie z polem magnetycznym otoczenia, a także z polem magnetycznym otaczających je atomów. To z kolei prowadzi do różnej reaktywności cząsteczek zawierających takie dwójki elektronów, a to może mieć konsekwencje dla procesów o znaczeniu biologicznym.

Opisany wyżej model wydaje się dość prosty (dla fizyka kwantowego), można zatem zadać pytanie, jakie dokładnie cząsteczki w organizmie mogą mieć pożądane właściwości. Uczciwa odpowiedź brzmi: nie wiadomo. Zależność od oświetlenia wskazuje, że może chodzić o kryptochromy, czyli czułe na światło niebieskie białka zaangażowane w regulację rytmu dobowego u zwierząt. Jak dotąd, potrzebną zależność od pola magnetycznego potwierdzono w laboratorium dla układów cząsteczek zbudowanych z karotenoidów, porfiryn i fulerenów, ale zależności kierunkowe, które mogłyby być odpowiedzialne za orientację, występują jedynie w polach magnetycznych stukrotnie silniejszych od ziemskiego. Osobną sprawą jest to, czy kwantowa natura stanu singletowego i trypletowego może utrzymać się dostatecznie długo – co najmniej dziesiątki mikrosekund – by dawać obserwowalny efekt.

Sprawę dodatkowo komplikuje fakt, że doświadczenia przeprowadzane na różnych gatunkach zwierząt zdają się przynosić sprzeczne rezultaty. W opublikowanej kilka miesięcy temu pracy Ahne Myklatun ze współpracownikami wykazali, że ryby z gatunków danio pęgowany i ryżanka japońska zmieniają kierunek pływania w akwariu pod wpływem pola magnetycznego. Efekt ten występował także w ciemności, co stanowi spore wyzwanie dla hipotezy kryptochromowej.

Okazuje się zatem, że pytanie, dlaczego stado krów może służyć jako kompas albo dlaczego ptaki orientują się w nieznanym terenie, jest pytaniem bardzo trudnym, a próby znalezienia na nie odpowiedzi prowadzą, jak dotąd, jedynie do dalszych, coraz bardziej szczegółowych pytań. Widać, że potrzebne jest niestandardowe podejście do problemu i nowe, przełomowe pomysły. Może przyjdą one do głowy którejś z Czytelniczek *Delty*?

Krzysztof TURZYŃSKI

- Wiltshko W. *et al.*, *Lateralization of magnetic compass orientation in migratory bird*, *Nature* 419 (2002) 467.  
 Ritz T. *et al.*, *Resonance effects indicate a radical pair mechanism for avian magnetic compass*, *Nature* 429 (2004) 177.  
 Begall S. *et al.*, *Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer*, *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 105 (2008) 13451.  
 Gauger E.M. *et al.*, *Sustained quantum coherence and entanglement in the avian compass*, *Phys. Rev. Lett.* 106 (2011) 040503.  
 Lambert N. *et al.*, *Quantum biology*, *Nature Physics* 9 (2013) 10.  
 Myklatun A. *et al.*, *Zebrafish and medaka offer insights into the neurobehavioral correlates of vertebrate magnetoreception*, *Nature Communications* 9 (2018) 802.