



*Razvoj peruti je nedvomno eden izmed najuporabnejših evlucijskih »izumov«, ki jih ljudje poskušamo izdatno posnemati. Zmožnost obvladati skoraj brezmejno dimenzijo neba je gotovo velika prednost v primerjavi z omejenostjo na trdna tla.*

Znameniti **PRAPTIČ** (*Archaeopteryx lithographica*) je bil sodobnik dinozavrov in je z njimi delil tudi nekaj lastnosti, ki jih moderne ptice ne poznajo več: prste s kremplji na sprednji okončini, dolg rep iz številnih vretenc in zobe.

foto: **Wikipedia**

# OSVAJANJE ZRAKA

// Urška Koce



**K**olikšna je verjetnost, da iz okončine, ki je namenjena sprva plazenju, nato hoji, kasneje pa grabljenju in prijemanju, nastane okončina, s katero se žival ne samo dvigne v zrak, marveč tudi obvladuje manevre, ki ji omogočajo uspešno življenje v zraku?

Ta verjetnost je majhna. A vendar se je vse to zgodilo, živali so osvojile zrak. Skupno kar štirikrat v evolucijski zgodovini – najprej žuželke, drugič, tretjič in četrtič pa tri skupine vretenčarjev: pterozavri, ptice in netopirji. Razumeti in verjeti, da je vse skupaj splet naključnih sprememb v genih in naravne selekcije, je izziv. K sreči nam pri tem izdatno pomagajo paleontologi, biogeografi, primerjalni anatomi in genetiki, ki preučujejo zakonitosti evolucije. A če je verjetnost, da se pojavi genetska sprememba, ki prispeva k razvoju bolj aerodinamične strukture, morda izredno majhna, pa je prednost sposobnosti dvigniti se s tal in tam tudi ostati nesporno tako velika, da je naravna selekcija delovala močno v prid tistim, ki so jo imeli.

## PRVA POT V ZRAČNI PROSTOR

Do konca devona pred okvirno 350 milijoni let so bile živali omejene na življenje v vodi in na kopnem. V zraku ni nič mrgolelo in švigalo. Kopno so dotlej dodobra poselele žuželke, družbo so jim delali pajki, škorpioni in drugi členonožci, na dihanje zraka so se počasi privajali tudi prvi vretenčarji. Četudi tedaj še nihče ni letel, so nekatere žuželke za premikanje vendarle izkoriščale tudi zračni prostor. Čeprav jadranje še zdaleč ni bilo tako uporabno kot aktivno letenje, je tem živalim omogočalo postopne in vsaj nekoliko obvladovane doskoke z visokih struktur.

## PRVA KRILA

Sposobnost jadranja so poleg teh žuželk razvile še številne druge živali, denimo nekatere vrste pajkov, družina drevesnih žab jadralk, različni gekoni, leteče veverice in lemuri ter celo predstavniki lignjev in rib. Za jadranje žival ne potrebuje pravih kril. Le spusti se z dvignjenega mesta, ali pa se odžene v zrak kar od tal oziroma iz vode. Seveda je nujno, da ima njena telesna oblika bolj ali manj izražene lastnosti padala, kar ji povečuje vzgon. Ta ji omogoča, da ostane v zraku dlje časa kot pri

prostem padu. V nasprotju z jadranjem pa aktivno letenje vključuje mišično delo, ki omogoča premikanje kril in s tem tvorjenje aerodinamičnih sil, ki nasprotujejo tako teži kot uporu. Narava je z njimi prve obdarila žuželke pred debelimi 350 milijoni let. Danes se s krili lahko pohvali milijonska vojska vrst, ki so vse potomke istega krilatega prednika. Žuželčja krila v nasprotju s krili vretenčarjev ne sodijo med okončine, saj imajo žuželke na vsakem telesnem členu največ en par okončin – na oprsu to mesto zasedajo noge.

## RAZVOJ LETALNIH OKONČIN PRI VRETEČARJIH

Nobenega dvoma ni, da so krila pri vretenčarjih preoblikovane sprednje okončine. Toda koliko preoblikovane in kakšne so bile, preden so postale krila, čemu so bile namenjene?

Podrobnejši pregled letečih vretenčarjev razkrije kar nekaj podobnosti med njimi. Te pa niso odsev njihove sorodnosti, ampak t. i. konvergentne evolucije. To pomeni, da so se nekatere lastnosti, skupne nesorodnim skupinam, razvile zato, ker pomenijo enako oziroma podobno rešitev za isti problem. Takšne prilagoditve vretenčarskih letalcev so denimo votle kosti za manjšo telesno maso (pterozavri in ptice), zračne vreče v dihalnem sistemu (pterozavri in ptice), močno podaljšani prsti sprednje okončine, na katere se vpenja letalna opna (pterozavri in netopirji), obsežno prsno letalno mišičje (pterozavri in ptice) in nenazadnje

Znanstveni opis okostja dinosavra vrste *Deinonyrchus antirrhopus* iz skupine Theropoda je v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja obudil tedaj več kot 100 let staro zamisel o tem, da so ptice potomci dinosavrov, saj so bile odkrite številne podobnosti med okostji teh dveh skupin. Na podlagi sorodstvenih vezi z nekaterimi dinosavri, ki so dokazano imeli perje, znanstveniki domnevajo, da ga je imel tudi *Deinonyrchus*, čeprav materialnih dokazov o tem za zdaj ni.

ilustracija: **Emily Willoughby** / **Wikipedia**

Evolucija modernih ptic je zelo verjetno potekala tudi prek »štiriperutega«  
dinosavrskoga prednika z izdatno garnituro peres na obeh parih okončin. Nekateri takšni sodobniki praprtičev iz vrst dinosavrov so bili po vsej verjetnosti zmožni aktivnega letenja.

ilustracija: **Wikipedia**





Krila žuželk izvirajo iz njihovega zunanega skeleta ter izraščajo iz drugega in tretjega člena oprsja. Žuželke z najhitrejšo znano frekvenco utripanja s krili so mušate (mušice iz družine Ceratopogonidae), ki dosežejo kar 62.760 utripov na minuto. Na sliki je **MODRI PLOŠČEC** (*Libellula depressa*).  
foto: Jani Vidmar

seveda aerodinamično oblikovane sprednje okončine. Krila pterozavrov, peruti ptic in prhuti netopirjev so torej plod konvergentne evolucije.

Kaj so predniki letečih vretenčarjev počeli s sprednjimi okončinami, preden so se te dokončno preoblikovale v krila, še ne vemo natančno: morda so z njimi lovili majhen plen, ali pa so jim pomagale pri odskoku s tal. Nemara so z njimi sprva jadrali, spuščajoč se z visokih dreves, in kasneje s sunki vse bolj podaljševali padalske dosežke, ali pa prepričevali potencialne partnerje o svojih sposobnostih in odganjale tekmece.

### PTICE SO LETEČI DINOZAVRI

Danes se večina znanstvenikov strinja, da so se ptice (razred Aves) razvile iz dinozavrov, natančneje teropodnih dinozavrov, okretnih plenilcev, in so pravzaprav njihovi edini danes živeči, a močno spremenjeni potomci. Vse vrste iz tega razreda, tako moderne kot izumrle, imajo enega samega skupnega prednika izpred 150 milijonov let. Tega prednika žal ne poznamo, fosilni ostanki najzgodnejših znanih vrst iz sorodstva ptic pa dajejo jasen vpogled v njegovo dinozavrsko poreklo.

Med njimi je najznamenitejši praptič ali arheopteriks (*Archaeopteryx lithographica*), ki je živel pred 150 milijoni let. Njegovi fosili so bili v Darwinovem času najdeni na območju Bavarske. Že kmalu po tem izjemnem odkritju je angleški biolog in

### PERUT

Ptičje krilo se imenuje perut, ker je letalna površina sestavljena iz peres. Letalna peresa imajo glavno aerodinamično vlogo, saj pri zamahovanju s peruti ustvarjajo vzgon in potisk. Na mestu, kjer so pripeta na okončino, jih prekrivajo krovna peresa, ki ustvarjajo gladko površino v sprednjem delu peruti, kjer perut reže skozi zrak. Krilce, majhna skupina peres, podobnih letalnim, ustvarja dodatni vzgon pri počasnem letenju.

močan podpornik Darwinovih idej o evoluciji, Thomas H. Huxley, prišel na dan z domnevo, da so ptice potomci dinozavrov, a njegova zamisel ni dobila zunanje podpore nadaljnjih dobrih 100 let in je zato zbledela. Obudil jo je ameriški paleontolog John H. Ostrom, ki je leta 1964 opisal skelet teropodnega dinozavra iz rodu *Deinonychus*, za katerega se je izkazalo, da je zelo podoben okostju ptic. Arheopteriks je danes pogosto obravnavan kot prednik modernih ptic, čeprav je v resnici le njegov bližnji sorodnik. Ptica je imela več lastnosti, ki pričajo o njenih dinozavrskih prednikih, denimo zobe v kljunu in ohranjena številna repna vretenca (dolga rep). Najočitnejša razlika med arheopteriksom in tedaj znanimi teropodnimi dinozavri, ki jo je opisal Huxley, pa so bile sprednje okončine – peruti povsem ptičjega videza, le da so imele na konicah prstov še vedno kremplje. Ali je praptič aktivno letel, je še vedno stvar znanstvenih debat. Sposobnost aktivnega letenja namreč ni odvisna samo od anatomije peruti, marveč nič manj od razvitosti prsnega mišičja.

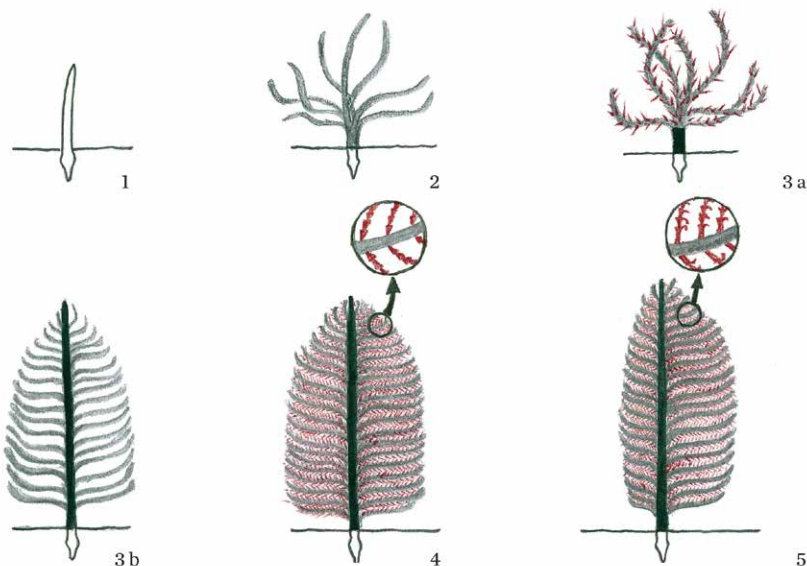
### ZGODNJE PTICE IN NJIM PODOBNI DINOZAVRI

Kdaj natančno so dinozavri začeli leteti in kdo je prevzel vlogo živalskega Ikarja, ni znano. Nove fosilne najdbe skupaj z naprednimi analizami aerodinamike počasi odstirajo zgodnjo zgodovino pernatih letalcev, ki seže v srednjo juro pred več kot 160 milijoni let. Povsem možno je, da so bili razen ptic aktivnega letenja sposobni tudi nekateri predstavniki njim podobnih dinozavrov, ki jih filogenetiki obravnavajo kot njihovo sestrsko skupino s skupnim prednikom v srednji juri. Nedavne filogenetske analize so pokazale, da je bil skupni prednik današnjih ptic in omenjenih dinozavrov najverjetneje prav »štiriperuti«  
dinozaver.

### KAKO SO DINOZAVRI SPLOH ZAČELI LETETI?

Da bi dobili vpogled v to skrivnost, je najbolje razmisliti o tem, kaj bi lahko bile predstopnje letenja in kaj je bila ključna sprememba, ki je prvemu letalcu omogočila letenje. Hipoteza o predstopnjah letenja je seveda več, a nobena še ni dokazana. Vsem pa je skupno eno: odločilen za razvoj letenja je bil razvoj giba, s katerim ptica ustvarja potisno silo:

*Perje se je razvilo, ko o pticah na Zemlji še ni bilo ne duha ne sluha. Do pojava peres naj bi prišlo le enkrat v evlucijski zgodovini.*



**PERESA** so mrtve kožne tvorbe, ki imajo svoj evolucijski izvor v skupnem predniku – enostavni roževinasti »ščetini«, ki se je kasneje izdatno preoblikovala in dosegla zamotano zgradbo letalnega peresa, vrhunec v evoluciji peres (3a in 3b prikazujeta dve alternativni evolucijske poti).

ilustracija: **Urška Koce**

zamah s perutjo navzdol. Peresa na okončinah, ki so sprva imela neko drugo vlogo, so se izkazala kot odlična osnova za aerodinamiko. Predstopnja letenja je bilo morda plenjenje z dvignjene zasede na drevesih, pri čemer so plenilci plen napadli s sprednjimi okončinami (moderne ptice plen zgrabijo s kremplji na nogah ali s kljunom). Morda so sprednje okončine, obdane s perjem, talnim plenilcem rabile za vzpostavlanje ravnotežja pri lovu, ali pa paritveno razpoloženim osebkom za razkazovanje in boj s tekmeči.

Ena izmed hipotez pravi, da je bil ključni dejavnik, ki je teropodne dinosavre z garnituro peres na okončinah »pognal« v zrak, beg pred plenilci. Zagovorniki te hipoteze domnevajo, da so »predperuti« lastnikom močno olajšale beg na drevesa. Ideja se je porodila pri vedenjskih poizkusih s ptičjimi mladiči. Ugotovili so, da je njihov primarni način bega po ravni podlagi tek, medtem ko si na podlagi z nakloni nad 65 ° vse bolj odpravajo z zamahom s perutmi navzdol. Predniki ptic z operjenimi sprednjimi okončinami naj bi bili torej imeli enkratno možnost za pobeg in tekma s plenilci je ta razvoj spodbujala; preživeli so tisti z boljšo sposobnostjo vzpona na drevesa. Sčasoma se je razvila sposobnost aktivnega letenja, ki je pticam prinesla še druge prednosti.

## PREDNOSTI LETALCEV

Danes zna leteti okoli tri četrtine kopenskih vrst živali. Večji del teh sestavljajo žuželke, vretenčarji pa so v manjšini. Letenje je zanje eleganten način izogibanja plenilcem, povečana možnost učinkovitega izkoriščanja številnih prehranskih virov, plenilčev napad iz zraka pa plenu daje le malo možnosti za pobeg. Poleg tega pa se vrste v relativno kratkem času lahko odselijo na drug konec sveta.

## PREOBLIKOVANA KRILA

Evolucija poteka pred našimi očmi, čeprav imamo le redko priložnost, da njeno delovanje zaznamo v realnem času. Zanimiv primer delovanja naravne selekcije, ki je pticam v kratkem času »pristrigla« peruti, so odkrili v ZDA v populaciji pečinskih lastovk (*Petrochelidon pyrrhonota*), ki gnezdiijo v urbanem okolju pod cestnimi mostovi. V 30 letih spremljanja smrtnosti lastovk zaradi cestnega prometa so ornitologi ugotovili, da imajo žrtve v povprečju daljše peruti kot naključno ujete ptice. Ob neki vremenski katastrofi, v kateri je bila populacija lastovk močno prizadeta tudi zaradi stradanja, pa so preživeli skorajda izključno kratkoperuti osebki. Krajše peruti omogočajo večje pospeške, kar je zelo dobrodošlo tako pri izogibanju hitrim cestnim vozilom kot pri lovu žuželk v zraku. Pri tem je naravna selekcija le eden izmed evolucijskih dejavnikov. In če nekoliko karikiramo: tudi evolucija na nek način deluje po načelu: zrno na zrno pogača, kamen na kamen palača.



**DR. URŠKA KOCE** je biologinja, ki se poklicno ukvarja s preučevanjem ptic in naravovarstvom. Zaposlena je na DOPPS, kjer se v okviru projekta SIMARINE-NATURA posveča aktivnostim za razglasitev morskih območij Natura 2000 za sredozemskega vranjeka v Sloveniji. Sodeluje tudi pri različnih drugih strokovnih nalogah, namenjenih uresničevanju društvenega poslanstva.



**BELOGLAVI JASTREB** (*Gyps fulvus*): peruti so dolge in široke, kar jim omogoča izkoriščanje zračnih vzgornjиков in dolgotrajno jadranje med iskanjem mrhovine. Ob tem s perutmi, ki v razponu in povprečju merijo 2,5 m, doseže povprečno hitrost 12 m/s.

foto: **Aleš Jagodnik**

