

Zaostřeno na detail – povrchové struktury a morfologie těla u šestinohých

Díky své obrovské diverzitě nabízí skupina šestinozí (Hexapoda) neskutečnou pestrost tvarů, forem a řešení, které přitom vycházejí ze stejného základu. K pozorování této diverzity často stačí stolní lupa, binokulární mikroskop nebo makroobjektiv fotoaparátu. Následující text nemá ambice podat vyčerpávající popis, co a jak pozorovat, ale má být spíše ukázkou ze světa, ve kterém lze najít stejnou strukturu tisíckrát v jiném provedení.

Šestinozí zahrnují kromě třídy hmyzu (Insecta) i tři samostatné řády primárně bezkřídlých a převážně epigeických organismů – hmyzenky (Protura), chvostoskoky (Collembola) a vidličnatky (Diplura). Podobně jako ostatní zástupci kmene členovců (Arthropoda) se šestinozí vyznačují vysokou morfologickou variabilitou. Je ovšem pravda, že ve srovnání s dalšími liniemi skupiny Pancrustacea, kam dnes kromě šestinohých řadíme i všechny linie koryšů (hmyz je vnitřní skupinou koryšů), je jejich tělesný plán velmi uniformní. Vypadá asi takto: tělo je rozděleno na tři hlavní oddíly (tagmata), tedy hlavu, hrud a zadeček. Hlava nese jeden pár tykadél, ústní ústrojí a pár složených očí. Na tříčlánkové hrudi nalézáme tři páry nevětvených kráčivých končetin a u odvozených skupin (křídlatí – Pterygota) dva páry různě modifikovaných křídel. Zadeček nese končetiny a je tvořen 11 články (kterých se ale díky různým fúzím nikdy nedopočítáme). Na konci zadečku pak často nacházíme přívěsky – štěty, styly, kopulační orgány nebo kladélko. Alespoň tak to praví klasické učebnice. Skutečnost je však komplikovanější, a jak už to v biologii bývá, najdeme zde řadu výjimek.

Například tělní plán hmyzenek a chvostoskoků se liší počtem zadečkových člán-

ků – hmyzenky jich mají v dospělosti 12, chvostoskoci pouze 6 a často mohou být srostlé. Hmyzenkám chybějí tykadla, jejichž funkci nahrazují přední končetiny, rovněž zrakové orgány jsou u hmyzenek, ale také u vidličnatek redukované. Někteří chvostoskoci mají pouze 8 jednoduchých nahloučených očí, jiní jsou slepí. Vzhledem k fylogenetickému postavení těchto skupin jde o druhotné změny nebo ztráty v důsledku miniaturizace těla a skrytého způsobu života v půdním prostředí. Za pleziomorfní, tedy s koryšními předky evolučně sdílené znaky, lze považovat zachování rudimentárních zadečkových končetin, jejichž přítomnost u chvostoskoků si asi mnozí z nás vybaví. Kromě skákačích vidličky (furky) na čtvrtém zadečkovém článku mají ještě retinakulum, strukturu pro zapření napružené furky, a ventrální tubus (hygroskopický orgán) na prvním zadečkovém článku. Zajímavé je, že jde o nepárové struktury. Naproti tomu u vidličnatek, hmyzenek, chvostnatek i rybenek jsou rudimenty končetin na zadečku vždy párové. Kromě vsudy přítomných chvostoskoků jsou nejlépe pozorovatelné u chvostnatek (Archaeognatha). V České republice se s nimi potkáme v teplejších oblastech, převážně pod kameny, v sutích nebo listovém opadu, jak v lese, tak na výhřevných



1 až 3 Škvorovky (Diplura: Japigyna, obr. 1) se u nás vyskytují pouze na nejteplejších místech. Žijí v půdě a pod kameny. Podle současných fylogenetických představ spolu s vidličnatkami (Diplura: Campodeina) tvoří sesterskou skupinu hmyzu. Jejich ústní ústrojí je zanořeno do hlavové kapsule (2). Na druhém až osmém zadečkovém článku mají škvorovky nečlánkované rudimenty končetin – styly (3).

skalnatých stráních. Zvláštností chvostnatek je kloubně připojený výrůstek na kyčlích druhého a třetího páru hrudních končetin (stylus), který nenalezneme u žádné jiné skupiny hmyzu. Homologizace tohoto výrůstku se strukturami končetin koryšů zatím není uspokojivě vyřešena. Podobné výrůstky se u hmyzu vyskytují ještě na čelistech – vnitřní (lacinia) a vnější sanice (galea) a na spodním pysku jazýček (glossa) a ret (paraglossa). Makadla čelisti a spodního pysku tak vlastně tvoří hlavní část končetiny. Spory se vedou o tom, zda alespoň některé tyto přívěsky nemohou být homologické k epipoditu, tedy k vnější větvi koryšů končetiny. Pak by technicky vzato šlo o biramní (dvojitěvětvené) končetiny, které hmyz alespoň podle učebnic nemá.

Když už je řeč o ústním ústrojí, u šestinohých může nabývat různých podob. Chvostoskoci, hmyzenky a vidličnatky jej mají zanořené dovnitř hlavové kapsule, na základě čehož byla historicky ustanovena skupina Entognatha (skrytočelistní), kterou dnes považujeme za parafylum. Ostatní zástupci šestinohých již mají ústní





ústroji vně hlavové kapsule. Základním typem je ústrojí kousací, vyskytuje se u evolučně starších linií hmyzu, jako jsou rovnokřídlí, pošvatky, švábi nebo kudlanky. U holometabolního hmyzu (s proměnou dokonalou) nacházíme tentýž typ u larev většiny řádů, z dospělců pak např. u brouků, srpců nebo u „širopasých“ blanokřídlých. Kousací ústní ústrojí mají ale třeba i primitivní zástupci motýlů. V evoluci hmyzu došlo u několika skupin nezávisle na sobě k přechodu na příjem tekuté potravy, což se odrazilo i na stavbě ústního ústrojí. Na tomto místě je dobré poznamenat, že v učebních textech tak oblíbené kategorizace ústního ústrojí hmyzu jsou spíše pojmenováním několika extrémních typů, mezi nimiž existuje široká škála přechodů. Často nelze s jednoznačností říct, kde jeden typ končí a co už je typ druhý. Situaci navíc komplikuje nejednoznačná terminologie. Je tedy lepší znát typ potravy a princip jejího příjmu, než trvat na konkrétních pojmech. Ve stručnosti zkusím nastínit několik směrů modifikací. Základní stavbu ústního ústrojí lze pozorovat pod binokulární lupou, ideálně na čerstvě rozmražených exemplářích hmyzu (cvrčci z obchodu se zvířaty, odchycené ruměnice pospolné aj.).

Většina žahadlového blanokřídlého hmyzu přijímá jak pevnou, tak tekutou složku potravy. Jejich kusadla slouží k manipulaci s kořistí, ke stavbě, zásobování a čištění hnízda, u eusociálních druhů také k manipulaci s potomstvem. Zbytek ústního ústrojí slouží zpravidla k příjmu tekuté potravy (medovice či nektaru) a dochází tedy k modifikacím, které umožňují lepší nabírání tekutin. U včel je k tomuto účelu vyvinut sosák (proboscis) tvořený spodním pyskem a vnější sanicí čelisti. Délka sosáku se mezi jednotlivými druhy včel liší, což ovlivňuje i spektrum navštěvovaných květů. Pokud bychom toto ústrojí chtěli pojmenovat, asi nejpřiléhavější by bylo označení lízavě-kousací typ, to se ale v české literatuře moc často nepoužívá. Najdeme zde spíše označení lízavě-savé nebo pouze lízavé. Modifikace k příjmu tekuté potravy se vyvinuly také u skupiny Paraneoptera, tedy u písevek, třásněnek a polokřídlých. Podobně jako v předchozím případě mají písevky funkční kusadla, čelisti jsou ale přeměněny v jehlicovité útvary pro nabodávání spor, řas nebo pylu. U parazitických skupin písevek nacházíme řadu modifikací ústního ústrojí, které vrcholí bodavě-savým u vši. Ústní ústrojí polokřídlých (kříšů, ploštic nebo mšicovavých) je modifikovanější. Tvoří sosák,

kteří si lze představit jako vrtnou věž. Jeho „obal“ se skládá ze svrchního a spodního pysku. Ve spodním pysku jsou uloženy pružné jehlicovité útvary vzniklé přeměnou kusadel a čelistí, které pronikají do těla živočišné kořisti nebo rostliny. Uspořádáním uvnitř sosáku se vytvoří dva kanálky, jeden slinný a druhý potravní. Velmi podobné je i nezávisle vzniklé bodavě-savé ústní ústrojí komárů. Pod binokulární lupou budeme u obou zmiňovaných typů bodavě-savého ústrojí nejspíše pozorovat pouze silný spodní pysk. Abychom dostali ven jehlicovitá kusadla a čelisti, musíme na sosák zatlačit, např. krycím sklíčkem v nativním preparátu pro optický mikroskop.

U dvoukřídlých se můžeme setkat i s několika dalšími typy modifikací. Všechny mají společný vznik silného sosáku ze spodního pysku. Zatímco u roupců (Asilidae) tento sosák slouží k nabodávání kořisti, u odvozených skupin much, např. mouchy domácí (Musca domestica), je na spodním konci sosáku vytvořen jakýsi lamelovitý polštářek (labellum), který funguje podobně jako houba na tabuli. Určitý mezistupeň mají ovádi (Tabanidae). Svrchní pysk, kusadla i čelisti tvoří tuhé trojúhelníkovité útvary, které v momentu dosednutí vniknou do kůže a krev ovád rychle nasaje do houbovitého polštářku (labella) na zadní straně sosáku. Zcela nezávisle se vyvinulo bodavě-savé ústní ústrojí i u blech. V neposlední řadě je třeba zmínit motýly, jejichž v klidu spirálně stočený sosák má párové vnější sanice (galea), vytvářející dutý prostor vystlaný chloupky. Nektar z květů je pak nasáván kapilárními silami. Zajímavě uspořádané ústní ústrojí mají larvy sítkokřídlého hmyzu. Na první pohled zaujmou mohutná kusadla, která ale neslouží ke kousání, nýbrž k propíchnutí a držení kořisti (obr. na 3. str. obálky). Kusadla jsou těsně spojena s čelistmi a mezi nimi zůstává prostor pro potravní i slinný kanálek. Trávení je mimotělní (extraorální), do napíchnuté kořisti larvy vypouštějí trávicí enzymy a vzniklou tráveninu vysají. Z funkčního hlediska vlastně také jde o bodavě-savé ústní ústrojí, byť jej takto neoznačujeme.

Oči, tykadla, končetiny

Na hlavě hmyzu můžeme kromě ústního ústrojí pozorovat ještě tykadla a zrakové orgány. U dospělců se setkáváme zpravidla jak s jednoduchými očky (ocelli), tak s párem různé vyvinutých složených očí. U nočních druhů či opticky se orientujících dravců (např. váček a vos) bývají

4 Chvostnatky se na našem území vyskytují pouze v teplejších oblastech. Vyznačují se velkýma, uprostřed se dotýkajícíma očima a šupinkami, které pokrývají celé tělo. Mají velká čelistní makadla (na snímku mezi tykadly) a jako jediný hmyz boční výrůstky na krátkých končetinách (uprostřed snímku).

Lepismachilis v-signata, Český kras
5 Chvostoskok patří s hmyzenkami do nejstarší linie šestiúhých (Hexapoda). Možná proto má jejich tělo řadu odlišností – např. skákaací aparát a šestičlánekový zadeček. U některých druhů je pokryto šupinkami a výraznými sětami. Chvostoskok rodu huňatka (*Orchesella*)
6 Tělo mnoha motýlů pokrývá husté ochlupení, které má kromě jiného ochrannou funkci. Na snímku asijského přástevníka *Eucalindria principalis* si povšimněte i svinutého sosáku.

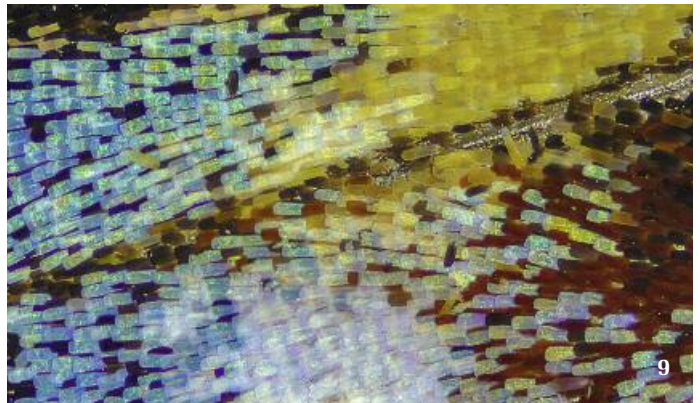
7 Řada druhů hmyzu nese různý tělní pokryv. Většinou jde o deriváty kutikuly, které mohou, ale nemusí, obsahovat senzory zakončení. Často má formu různých chloupků, jako např. u tohoto chrousta pýřitého (*Melolontha pectoralis*). Lamelovitá tykadla a velké složené oči naznačují soumráčný způsob života.
8 až 11 Kromě chloupků bývá tělo hmyzu často kryto různými šupinkami, jako u motýlů nebo některých brouků. Křídla babočky pavího oka (*Inachis io*, obr. 8 a 9) a šupinky na krovkách krivo-nožce polokrového (*Valgus hemipterus*, 10 a 11), příbuzného zlatohlávkům

12 O milencích se říká, že jsou vyladěni na stejné vibrace. O pakomárech to však platí doslova. Pýřitými tykadly vnímá samec vibrace křídel samic, které vletují do samčích rojů. Pokud jsou jejich frekvence stejné, dojde k páření. Samice mají tykadla jednoduchá.

13 Složené oči ovádů se vyznačují různými barevnými vzory. Asi každý zná bizkavku dešťovou (*Haematopota pluvialis*), jen málokdo má ale trpělivost prohlédnout si její krásné zbarvené oči. Vidět je také krátký dlátovitý sosák, kterým bizkavka proráží kůži, aby se dostala ke krvi hostitele.

oči velké. Někdy bývá velikost očí pohlavně dimorfní, to když je samec potřebuje k vyhledání partnerky, jako třeba u včely medonosné (*Apis mellifera*) nebo řady zástupců dvoukřídlých, např. u samců březnic (Bibionidae), jimž oči pokrývají téměř celou hlavu.

Další nápadnou strukturou, kterou uvidíme pod binokulární lupou, jsou tykadla.



Mají smyslovou funkci – předávají převážně hmatové a chemické signály. Mohou nabývat různých forem od nejjednodušších růžencovitých tykadla po paličkovitá a lamelární tykadla hrobaříků (*Nicrophorus*) a listorohých brouků (*Scarabaeoidea*), nebo hřebenitá tykadla některých motýlů, např. martináčů (*Saturniidae*). Zajímavými tvary a úpravami se vyznačují zástupci dvoukřídlých. Příkladem jsou silně zpe-

řená tykadla samců komárů (*Culicidae*) a pakomárů (*Chironomidae*). Jejich morfologie totiž souvisí s páčicím systémem, kdy samci tvoří velké bzučící roje, do kterých naletují samice. Samci si partnerky vybírají podle frekvence, s jakou kmitají křídly. Pokud je stejná jako vyladění samčích tykadla, dojde k páření. Tady jde o partnerské souznění v pravém slova smyslu.

Jak již bylo zmíněno na začátku článku, všichni zástupci skupiny Hexapoda mají tři páry hrudních končetin, pouze vzácně může docházet k určitým redukčním, např. prvního páru končetin babočkovitých (*Nymphalidae*). U některých ploštic, sítkokřídlých nebo dvoukřídlých je první pár končetin uzpůsoben k lovu kořisti. Tyto tzv. loupeživé končetiny známe i od jednoho z našich největších hmyzích zástupců –



14



15



16



17

kudlanky nábožné (*Mantis religiosa*). Další modifikace, zejména zadního páru končetin, jsou spojeny se způsobem pohybu, např. veslovité končetiny vodního hmyzu nebo skákavé u rovnokřídlých. Velmi specifické jsou hrabavé přední nohy krtonožek nebo larev cikád. Někdy se končetiny mohou lišit i mezi pohlavími. Zpravidla samci mají různé přilnavé (adhezivní) struktury jako přísavky (potápníci) nebo políčka hustých sít (střevlící, hrobařici). Někteří samci mají výrazně protažený první pár končetin, který jim pomáhá přidržovat partnerku při páření, a tím zvýšit šanci na oplození vajíček.

První ve vzduchu

Křídla patří bezesporu mezi nejnápadnější struktury na těle hmyzu. Hmyz je nejstarší skupinou organismů, která dokázala létat, a to již zhruba před 350 až 400 miliony let. Původ křídla byl dlouho trochu záhadou, první hypotézy hovořily o tom, že vzniklo z paranot – bočních výběžků kutikuly na svrchní straně hrudních segmentů, které známe třeba u švábů. Pozdější teorie uvažovaly o končetinovém původu křídel. Nakonec se zjistilo, že se na jejich vzniku podílely obě struktury. Původní křídla byla blanitá s množstvím žilek. Starokřídlý hmyz (Paleoptera), k němuž kromě několika vymřelých řádů patří vážky a jepice, neumí skládat křídla ploše na zadeček. Teprve s přestavbou křídelní artikulace (skupina Neoptera) může hmyz uložit křídla na plochu zadečku. V průběhu evoluce došlo k postupnému zjednodušování žilnatiny i k redukci plochy křídel. Zároveň přední pár čím dál víc sloužil k ochraně těla. Staly se z něj krytky (švábi, rovnokřídlí, křísi), polokrovky (ploštice) i krovky (brouci). Parazitické a skryté žijící druhy naopak křídla ztratily, nebo se jim zmenšila, aniž by přišla o svou funkci. Taková pak kryjí pouze bázi zadečku (škvoři a drabčáci) a zvíře je díky tomu při pohy-

14 Kousací ústní ústrojí je základním typem hmyzího ústního ústrojí. Dominují mu velká nečlánkovaná kusadla, pod nimiž jsou uloženy párové čelisti a nepárový spodní pysk. Poslední dvě struktury mají článkovaný výběžek (palpus), který podle současných teorií odpovídá distálnímu článkům kráčivé končetiny. Na snímku střevlík vrásčitý (*Carabus intricatus*)

15 Křídlo škvora. Možná nevíte, že některé druhy škvorů umějí létat, jako náš škvor obecný (*Forficula auricularia*). První pár křídel má přeměněn v malé obdélníkovité krytky, pod nimi je složitým způsobem složeno zadní křídlo. Část zadního křídla je sklerotizovaná a tvoří šupinku (squama), pod ní se skládá zbytek křídla.

16 Kovové zbarvení kutikuly způsobuje lom světla uvnitř kutikuly. Občas najdeme metalické druhy i mezi skupinami, kde to tak úplně nečekáme jako např. u tohoto asijského švába druhu *Corydalis magnifica*. Na prvních třech hrudních člancích jsou vidět boční výběžky (paranota).

17 Jihoevropský martináč slepý (*Perisomena caecigena*). Samci martináčů se vyznačují silně zpeřenými tykadly, díky nimž mohou detekovat nízké koncentrace samičího feromonu. Snímky P. Šípka

bu v substrátu ohebnější. U dvoukřídlých došlo k redukci druhého páru křídel, k jeho přeměně v gyroskopický orgán – kyvadélka (haltery). U miniaturních zástupců hmyzu, jako jsou pírníci nebo trásněnky, došlo k tzv. stenopterii, tedy k nahrazení plochy křídel dlouhými sětami vyrůstajícími z podélného rudimentu křídla. Uplatňují se při pasivním letu.

rého holometabolního hmyzu (např. housenek motýlů) dochází ke zvětšování jejich měkkého těla i v průběhu jednoho larválního stadia. Kutikula je zodpovědná i za zbarvení zvířete, buď jsou v ní obsaženy granule pigmentů, které selektivně pohlcují určité vlnové délky světla (chemické zbarvení), nebo její specifická struktura láme, rozptyluje či odráží paprsky různých vlnových délek, čímž vzniká fyzikální „kovové“ zbarvení hmyzu. Na rozdíl od fyzikálního bývá chemické zbarvení často nestálé a po smrti zvířete dojde k jeho degradaci. Na povrchu kutikuly se vyskytují různé její deriváty – sěty (makrotrichie), šupinky nebo jemné mikrotrichie. Zatímco první dvě struktury jsou embryonálně založeny činností více buněk, mikrotrichie vznikají pouze z jedné buňky. Chloupky mohou často plnit senzorickou, ochrannou nebo izolační funkci. Bylo dokumentováno, že husté ochlupení těla některých můr (Noctuidae) jim umožňuje vymanit se z pavoučích sítí. Díky hustým chloupkům mohou také čerstvě vylíhlí modrásci bahenní (*Phengaris nausithous*) opustit mravenišťe, kde prodělali svůj vývoj. Pýřité chloupky včel usnadňují sběr pylu. Odvozenou formou chloupků jsou šupinky, které známe z povrchu křídel motýlů, podobné struktury ale najdeme u chvostoskoků, chvostnatek, rybenek nebo brouků. Díky specifické povrchové i vnitřní struktuře dochází v šupinkách motýlů k lomu světla, zodpovědného za výslednou barvu křídel. V šupinkách motýlů se dále vyskytují pigmentová barviva, např. melaniny, omochromy nebo jedovaté pteriny u bělásků (Pieridae).

Mikrokosmos hmyzích morfologických struktur je velice pestrý a zároveň velmi složitý. Homologizace, evoluční původ a správné pojmenování řady struktur nejsou dodnes jasné. To by nás ale nemělo odradit od toho, abychom hmyz podrobně pozorovali a všímali si krásy jeho detailů.