

NÁMĚTY NA POKUSY A POZOROVÁNÍ VODNÍCH ŽIVOČICHŮ VE ŠKOLNÍM AKVÁRIU, I. POHYB ŽIVOČICHŮ

Subject Matters of Experiments and Water Animals Observations in School Aquarium, I. Animal Locomotion

Lubomír Hanel, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie
a environmentálních studií lubomir.hanel@pedf.cuni.cz

Abstract

This contribution provides instructions for several simple observations and experiments of some exotic and native invertebrate and vertebrate animals, which can be kept in a school freshwater aquarium. Demonstrations of various kinds of animal locomotion are presented in this first part. They are two ways of locomotion of planarians (e.g. Dendrocoelum lacteum), gliding (beating by cilia) and creeping (muscular activity). Fresh water snails, such as the pond snails (e.g. Lymnaea stagnalis), can also crawl on the water surface's underside. The pallial cavity filled with air (pond snails are pulmonate snails breathing oxygen from the air) gives them buoyancy and together with their slime trace, the water's surface tension is sufficient to support their weight. Locomotion in the pond snail is accompanied by rhythmic shell movements, caused by contractions of the columellar muscles. Special moving is known in some freshwater mussels (e.g. Pseudanodonta complanata, Sinanodonta woodiana). Their foot is inserted into the ground and then pumped up with hemolymph, so that it serves as an anchor, after which the mussel can pull body and shell over the ground. Jet-propulsion in dragonfly larvae (e.g. Aeshna, Libellula) is achieved by the rapid ejection of water from a specialised rectal chamber via the anus. The bell in freshwater jellyfish (Craspedacusta sowerbyi) can pulsate to acquire propulsion and locomotion. Some insect larvae (e.g. dragonfly, caddisfly, stonefly) or also adults specimens (e.g. water scorpion, water stick insect) can move using walking on substrate or plants. The hydra (e.g. Hydra oligactis) also moves from one place to another in search of food. With the help of glutinant nematocysts the tentacles attach to the substratum. The pedal disc is released and brought up closer to the circling of tentacles and attached. The whole process is repeated again and again. Leeches use for motion on substrate their two suckers. They attach with their front sucker and draws up the hind end, then reach out for a new front attachment using front sucker (leeches can also swim by undulations of the body). Mosquito larvae swim by jerky movements of their entire bodies. Helical swimming is typical for the freshwater oligochaete Lumbriculus variegatus. Water striders (Gerridae) move on the water surface using their central pair of hydrophobic legs in a sculling motion. Most crustaceans, such as shrimp, usually swim by paddling with special swimming legs (pleopods). Swimming crabs swim with modified walking legs (pereiopods). Daphnia,

a crustacean, swims by beating its antennae instead. Water louse (Asellus aquaticus) moves using walking. Some water insect swim by paddling of three pair of their legs (e.g. water boatman /Corixa sp./, diving beetle /Dytiscus sp./). Many fish swim through water by creating undulations with their bodies or oscillating their fins. Frogs swim in a similar style as people doing the breaststroke. They draw their hind legs upward toward their bodies. Then, to proper themselves forward, they shoot their legs out backwards in a straight lines. They bring their front legs down to their sides to form streamlined shape (e.g. common frog, Rana temporaria) or their front legs are pointing forwards (e.g. African clawed frog, Xenopus laevis).

Klíčová slova

školní akvárium, ekologická a etologická pozorování, vodní bezobratlí a obratlovci, pohyb živočichů

Key words

school aquarium, ecological and ethological observations, water invertebrates and vertebrates, animal locomotion

ÚVOD

Školní akvárium může být vhodnou pomůckou k výuce, neboť umožňuje pozorovat různé děje a procesy v tomto malém ekosystému, a to včetně chování živočichů. Vhodné organismy lze demonstrovat během výukové hodiny nebo v rámci školních přírodovědných kroužků. Jde např. o prezentace vzhledu živočicha, velikosti živočicha, způsobů pohybu, způsobů dýchání a dalších životních projevů. Skutečný vzhled, velikost, zbarvení a přirozená poloha živého jedince je hned několik vjemů, které mohou žáci vstřebat prostým pozorováním živočicha v akváriu. Zde je možné demonstrovat také příklady kryptického zbarvení (ochranné zbarvení, kterým se stává živočich přehlédnutelným na pozadí, kde se vyskytuje), případně i mimeze (tvarové napodobení např. větvičky či listu). Dále žáci mohou ihned určit, zda živočich náleží mezi pleuston (živočichové pohybující se na vodní hladině), či zda se jedná o planktony (živočichové obývající volný vodní sloupec, neschopní překonat silnější proudění vody) či nektonty (živočichové schopní aktivně překonat i silnější proudění vody). Zástupci bento-su pak žijí na dně vod či v dnovém substrátu.

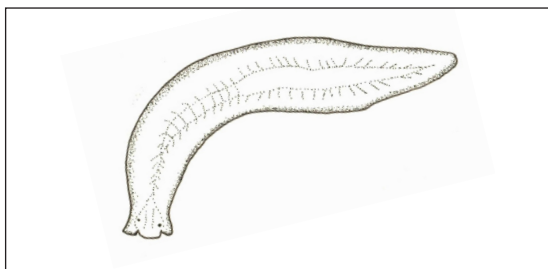
V této první části jsou uvedeny příklady jednoduchých pozorování a experimentů v akváriu chovaných živočichů se zaměřením na prezentaci různých způsobů jejich pohybu. Jako modelové objekty jsou vybrány snáze dostupné druhy, které lze získat v naší v přírodě či zakoupit v akvaristických prodejnách. Způsob zařízení akvária a údržby akvária lze získat v řadě publikací a učebních textů, např. Drahotušský & Novák (2000), Hanel (2001, 2004), Hofmann & Novák (1996, 1999), Frank (2013). Hlavní druhy našich bezobratlých vhodných k chovu v akváriu lze nalézt v práci Hanela & Liškové (2003), příklady exotických ryb (Hofmann & Novák 1998), bezobratlých, ryb a obojživelníků ve skriptech Hanela (2001). Otázce pohybu živočichů ve vodě bylo věnováno vícero souhrnných publikací (např. Dobrowolski 1971, Heráň 1982, Vogel 2008, Taylor et al. 2010, Gazzola et al. 2014).

Příklady pozorování

a/ pohyb po substrátu

- PLAZIVÝ

Jako modelového živočicha lze použít některou z našich ploštěnek – jim pohyb umožňují pravidelné kontrakce podkožního svalového vaku tvořeného okružními, šikmými a podélnými svaly a také řasinky na spodní straně těla. Ploštěnky se dokáží plynule pohybovat po substrátu, po skle i naspodu



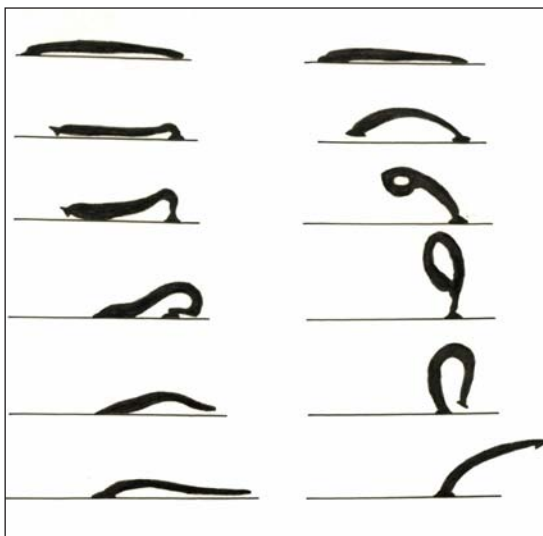
Obr. 1 Ploštěnka mléčná (*Dendrocoelum lacteum*); kresba autor.

hladinové blanky. K pozorování můžeme použít např. ploštěnku mléčnou (*Dendrocoelum lacteum*) (Obr. 1).

U vodních plžů, jako jsou např. naši okružáci (*Planorbarius*), nebo mnohem větší jihoamerické ampulárky (*Pomacea*), lze při jejich pohybu po stěně akvária pozorovat spodní stranu nohy (tzv. chodidlo), kde probíhá postupně svalová kontrakce. Zároveň je spodní stranou nohy vylučován hlen, který usnadňuje pohyb. Při pohybu zespodu hladinové blanky se plži pohybují po hlenové pásce a kromě toho jsou k hladině tlačeni svou nízkou specifickou hmotností (dosahují toho vysunutím větší části těla z ulity a pomocí vzduchu v plicní dutině). Tento způsob pohybu lze pozorovat také na naší plovatce bahenní (*Lymnaea stagnalis*).

- PIJAVKOVITÝ (PIĎALKOVITÝ)

Zvláštní typ pohybu nacházíme u pijavek, které se po substrátu pohybují tak, že živočich natáhne tělo co nejvíce dopředu, přichytí se hlavovou přísavkou a přitáhne tělo co nejvíce dopředu a zadní přísavkou se přichytí hned za přísavkou hlavovou. Určitý rozdíl v tomto pohybu nacházíme u pijavek hltanovek rodu *Erpobdella* a pijavky rybí (*Piscicola geometra*), jak je patrné z obrázků (Obr. 2), Lellák et al. (1972).

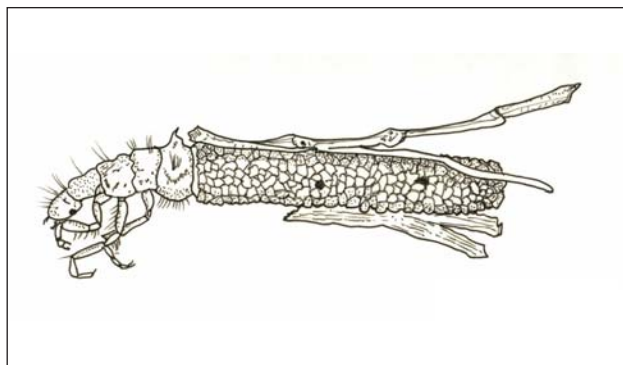


Obr. 2 Dva různé pohyby pijavek rodu *Erpobdella* (sloupec vlevo) a pijavky rybí (*Piscicola geometra*), sloupec vpravo; kresba autor.

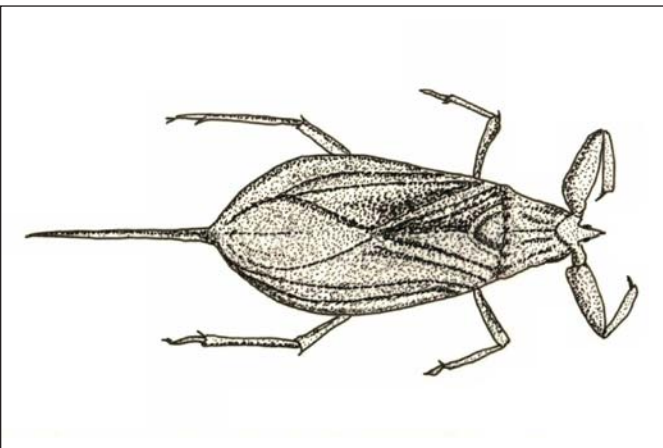
- KRÁČIVÝ

Tento typ pohybu nacházíme např. u mnohého vodního hmyzu s dobře vyvinutými končetinami (např. splešťule, Obr. 3., jehlanka, larvy vážek a šídel). Tito živočichové k pohybu využívají substrát dna či lezou po vodních rostlinách. Tento způsob pohybu je typický i pro mnohé larvy chrostíků, které si vytvářejí různé přenosné schránky (např. *Anabolia nervosa*, viz Obr. 4).

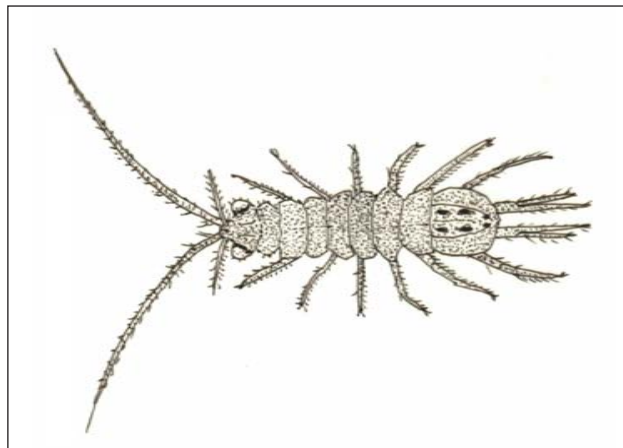
Po dně se kráčivým pohybem dopředu pomocí čtyř párů končetin pohybují raci (při útěkové reakci ale používají opakované prudké mávnutí ocasní



Obr. 4 Larva chrostíka druhu *Anabolia nervosa*; kresba autor.

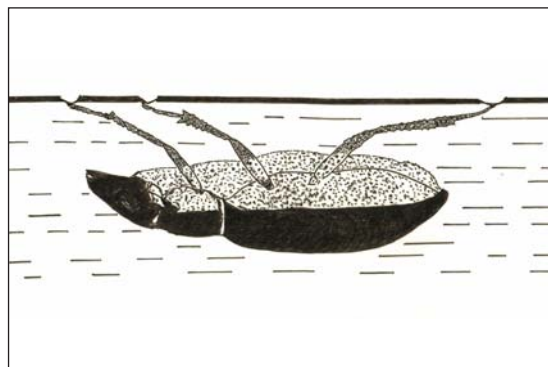


Obr. 3 Splešťule blátivá (*Nepa cinerea*); kresba autor.



Obr. 5 Beruška vodní (*Asellus aquaticus*); kresba autor.

ploutvičkou pod tělo, takže jde vlastně v tomto případě o jakési „skokové“ plavání nazpět). Kráčivým pohybem se pohybují také sladkovodní krevety, jsou ale schopny též plavat pomocí víření pěti párů zadečkových nožek (Patoka 2010). Oblíbená a pro začátečníky vhodná je např. asijská krevetka *Neocaridina davidi*, a to zejména její červená varieta. Z dalších koryšů můžeme kráčivý pohyb po substrátu demonstrovat na naší běžné berušce vodní (*Asellus aquaticus*) (Obr. 5). Někteří vodomilové (*Hydrophiliidae*) dokážou využít i hladinovou blanku, po které mohou „chodit“ z její spodní strany (Obr. 6).



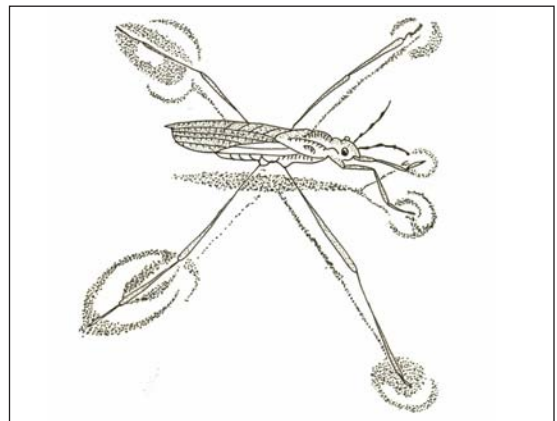
Obr. 6 Způsob pohybu vodomila s využitím spodní části hladinové blanky; kresba autor.

- KLOUZAVÝ

Tento typ nacházíme u epipleustonů, čili druhů využívající shora hladinovou blanku (ploštice bruslařka, vodoměrka či hladinatka). Při mimořádné obratnosti se bruslařky (Obr. 7) pohybují po hladině pouze pomocí středního páru nohou, přičemž dochází k synchronnímu pohybu obou končetin (Caponigro & Eriksen 1976). Končetiny předního a zadního páru končetin zajišťují stabilitu těla. Štíhlejší vodoměrkové kořist nabodávají, aniž by si ji přidržovaly končetinami, takže u nich k pohybu po hladině slouží všechny tři páry nohou. Pohybují se ale střídavě levou a pravou nohou téhož páru (Javorek 1978). Rozšířená chodidla u bruslařek neporušují celistvost této blanky a chloupky, pokrývající chodidla druhého páru, usnadňují pohyb po vodní hladině. Pomocí těchto končetin může tento hmyz vykonávat dlouhé klouzavé a rychlé pohyby, přičemž třetí pár noh funguje jako jakési kormidlo.

Jak se vlastně bruslařky udrží na hladině? V klidném postoji to lze vysvětlit silami hladinového pnutí, za nimiž se skrývá vzájemné přitahování vodních molekul. Když bruslařky ochlupenými končetinami, navíc pokrytými vodou odpuzujícím voskem, zatlačí vodu dolů, tyto síly pnutí zvednou jejich lehké tělíčko vzhůru. A jak se bruslařky na hladině pohybují? Zdálo se, že se tak děje díky povrchovým vlnkám, jež přenášejí dozadu hybnost. Na rozdíl od velkých mořských vln, jejichž pohyb ovládá gravitace, takové drobné vlnky, zvané kapilární, závisejí na hladinovém pnutí. Aby hmyz vyprodukoval kapilární vlnu, musí jeho končetina zabrat rychlostí alespoň 25 centimetrů za sekundu, což je minimální rychlost, jakou se po vodní hladině může šířit libovolná vlna. Dospělým bruslařkám s dostatečně dlouhými končetinami to nečiní potíž. K detailnímu poznání tohoto jevu pomohla videokamera. Záhadu jejich pohybu nakonec rozluštila trojice amerických matematiků a inženýrů (David Hu, Brian Cahn a John Bush) z Massachusettského technologického institutu v americké Cambridgi

(Hu et al. 2003, 2010). Pohyb bruslařek zkoumali s pomocí vysokorychlostní videokamery a monitorováním částecek vody. Překvapivě odhalili, že tyto drobní živočichové během klouzání po hladině nepřenášejí hybnost dolů do tekutiny hladinovými kapilárními vlnami, nýbrž víry pod hladinou, jež vytvářejí končetinami. Na rozdíl od kruhových vírů vznikajících při pohybu ryb, mají tvar jakési podkovy, tedy písmene U, jehož konce zesponu přiléhají k hladině. „Vlákna“ víru totiž nemožou ve vodě náhle končit, musejí se konečky spojit, jako v kroužcích tabákového dýmu, nebo přilnout k nějakému povrchu. Badatelé změřili velikost a rychlost vírů za končetinami bruslařek. Prokázali, že výsledná dozadu orientovaná hybnost stačí na pohyb dopředu i bez příspěvku kapilárních vln. Končetiny bruslařek se tak podobají veslům člunu, který se taktéž pohybuje kupředu díky tomu, že vesla vysílají dozadu sérii vírů. Rychlost bruslařek rodu *Gerris* byla zjištěna mezi 30-125 cm/s, jedním „sklouznutím“ po hladině překonají vzdálenost až kolem 15 cm (Nachtigall 1974). Součástí epipleustonů je i asi milimetr velký chvostoskok mákovka vodní (*Podura aquatica*), kterou můžeme najít někdy v nečekaném množství na hladině lesních kaluží. Pomocí speciálního skákacího aparátu, tvořeného retinakulem a furkou, dokáže při ohrožení vyskočit až 2 cm nad vodní hladinu (Taylor et al. 2010).



Obr. 7 Bruslařka na vodní hladině; kresba autor.

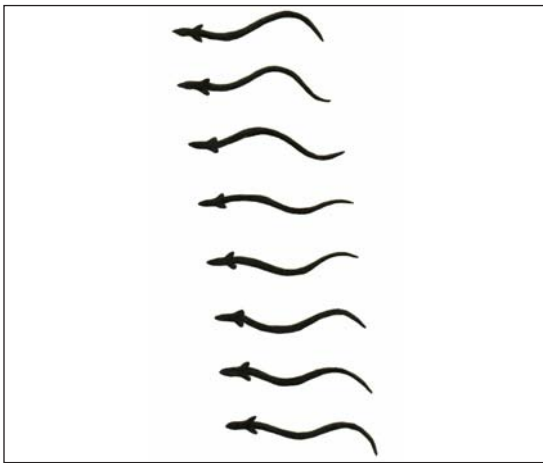
- **POHYB V SUBSTRÁTU**

Rytí v substrátu můžeme demonstrovat na škeblí ploché (*Pseudanodonta complantata*) či škeblici asijské (*Sinanodonta woodiana*), čímž se vyhneme manipulaci s našimi původními druhy škeblí a velevrubů, které jsou zařazeny mezi chráněné druhy. Pohyb živočicha se děje vysunutou masitou bělavou nohou, která rozrývá dno. Jde o pohyb pomalý, takže spíše lze nalézt dráhu pohybu (rýhu ve dně) za delší dobu (pokud je mlž aktivní). Noha se vysunuje z lastur tlakem hemolymfy, zarývá se do dna a pak přitahuje stahem svalů lastury s tělem. U škeblí rodu *Anodonta* se uvádí rychlost pohybu 1,5-2 m za hodinu (Lellák et al. 1972).

b/ pohyb plaváním

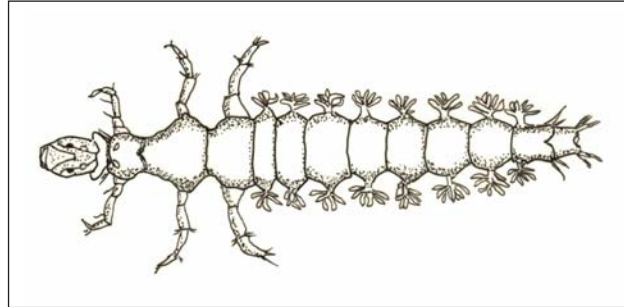
- **VLNIVÝ (UNDULAČNÍ)**

Vertikální vlnění těla k pohybu ve volném vodním sloupci můžeme pozorovat např. u některých pijavek (vhodným objektem je až 10 cm velká pijavka koňská *Haemopsis sanguisuga*). Vlnivým pohybem těla do stran se pohybují i některé ryby s hadovitým tvarem těla (z našich úhoř) (Obr. 8). Akvárium musíme dobře přikrýt, protože pijavky, stejně tak i úhoř, snadno mohou nádrž opustit i malou skulinou. Oca-



Obr. 8 Schéma vlnivého pohybu úhoře; kresba autor.

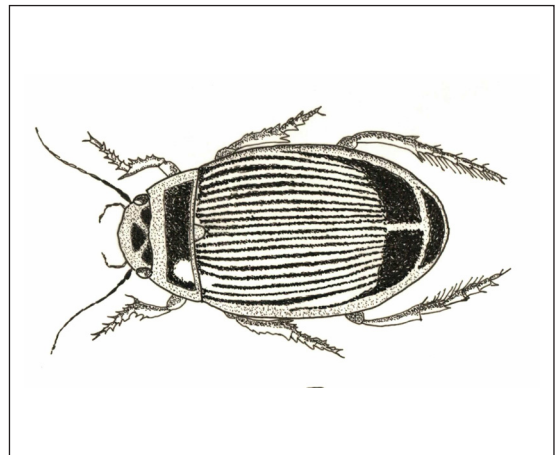
satí obojživelníci často používají při plavání také bočně vlnivý pohyb těla. Larvy chrostíků rodu *Rhyacophila*, kteří si nestaví schránky (Obr. 9), se při pohybu střídavě přidržují substrátu nohama a panožkami. Mohou se ale pohybovat i plaváním podobně jako pijavky prohýbáním zadečku.



Obr. 9 Larva chrostíka rodu *Rhyacophila*; kresba autor.

- **VESLOVITÝ**

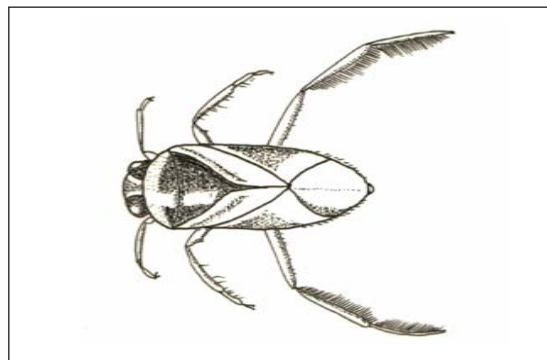
Někteří bezobratlí živočichové mají dobře přizpůsobené končetiny k plavání. Třetí pár končetin opatřený dlouhými brvami mají např. brouci potápníci (*Dytiscidae*). Typickým představitelem vodních brouků je potápník vroubený (*Dytiscus marginalis*) (Obr. 10). Má hladké, dorzoventrálně zploštělé tělo dokonale přizpůsobené pohybu



Obr. 10 Potápník vroubený (*Dytiscus marginalis*); kresba autor.



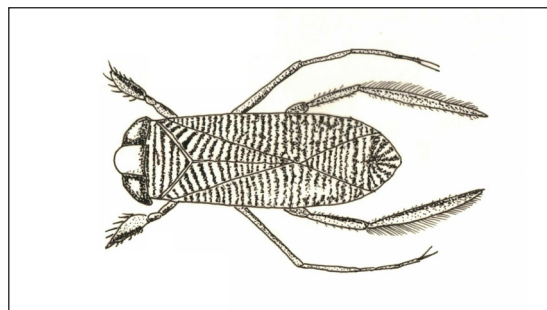
Obr. 11 Detail veslovací končetiny potápníka vroubeného; vlevo při záběru s roztaženými brvami, vpravo při návratu do původní polohy; kresba autor.



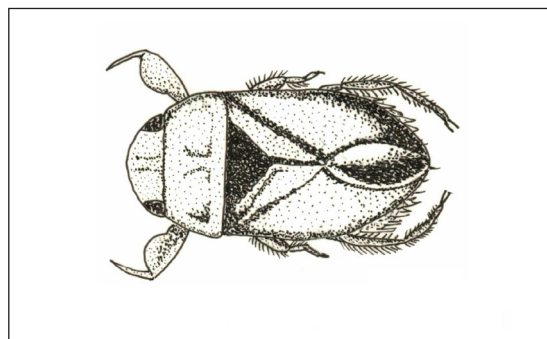
Obr. 12 Znakoplavka rodu *Notonecta*; kresba autor.

ve vodě. Ani hlava neporušuje celkovou eliptičně čočkovitou linii těla. Tělo je nesmočitelné, chráněné jemným filmem oleje vylučovaného množstvím žlázek v chitinovém skeletu a vyúsťujících po celém povrchu těla (až 4000 kanáleků na jeden mm^2). Třetí pár končetin je nejsilnější a je vlastním lokomočním orgánem. Tyto končetiny jsou vybaveny širokým lemem dlouhých plovacích brv na holeních a chodidlech. Při záběru jsou brvy roztaženy, při návratu do výchozí polohy jsou přitisknuty k noze (viz Obr. 11). Druhý pár nohou je při plavání přitisknut k tělu, nebo slouží k řízení směru plavání. Vhodnými k chovu a pozorování jsou i menší příkopníci rodu *Acilius*. Brouci čeledi plavčíkovitých (*Haliplidae*) na rozdíl od potápníků plavou střídavým pohybem všech tří párů nohou a všechny jejich nohy jsou tudíž opatřeny brvami. O možnostech chovu vodních brouků v akváriu pojednávají např. Dusil (1957) a Novák (1983).

Zadní pár nohou přizpůsobený k veslovitému plavání mají také některé vodní plošnice a můžeme zde sledovat i různé adaptace k tomuto pohybu. Zatímco u znakoplavek (*Notonectidae*, Obr. 12) jsou holeně i chodidla na průřezu okrouhlá, u klešťanek (*Corixidae*, Obr. 13) a bodule (*Naucoris*, Obr. 14) jsou chodidla i holeně zadních noh zploštělé, veslovité. Plovací nohy jsou opatřeny lemem



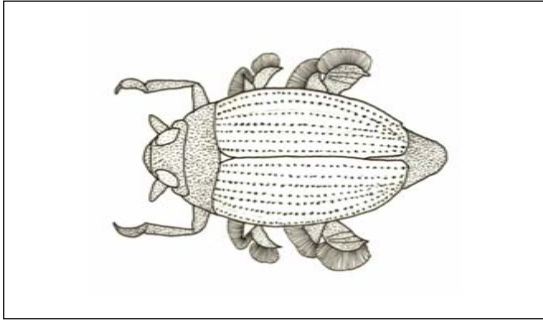
Obr. 13 Klešťanka rodu *Corixa*; kresba autor.



Obr. 14 Bodule obecná (*Ilyocoris cimicoides*); kresba autor.

tuhých a dlouhých brv rozšiřujících plochu veslovité nohy.

Zvláštní pohyb lze pozorovat u brouků vírníků (*Gyrinidae*), kteří mají hladké, člunkovité tělo, dokonale přizpůsobené tak, aby kladlo minimální



Obr. 15 Vírník rodu *Gyrinus*; kresba autor.

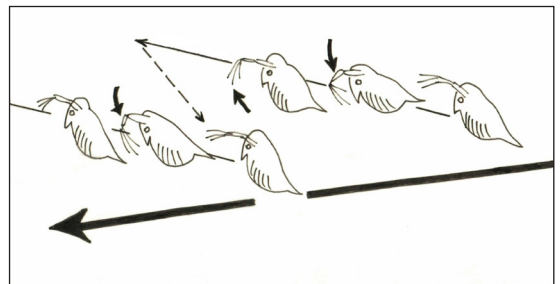
odpor při pohybu po hladině i pod vodou. K pohybu jim slouží střední a zadní pár končetin, které jsou silně zkrácené, rozšířené a jsou plovacího typu, navíc vybavené brvami (Obr. 15). U vírníků činí délka noh jen 35–40 % těla, což je výrazně méně než u suchozemských brouků, např. střevlíků (zde až 124 %). Stehno i holeň vírníků má tvar širokého trojúhelníku a v kolenním kloubu se nachází zvláštní hrbolek, na němž se otáčí holeň. Při pohybu nohy dozadu stehno i holeň odstavají automaticky od končetiny a při pohybu dopředu se holeň otáčí v kolenním kloubu tak, že dopředu směřuje hranou (zmenší se tedy odpor vody), viz Dobrowolski (1976). Jsou to výteční plavci, kteří se dokáží také potápět, ale nejčastěji spatříme jejich rychlý vířivý pohyb na hladině. Za zmínku stojí také jejich zvláštní stavba očí (dva páry složených /facetových/ očí odlišné stavby – spodní oči jsou uzpůsobeny k vidění pod vodou, horní na vzduchu).

V souvislosti s demonstrací výše uvedených zástupců je nutno zmínit i základní polohu těla hřbetem nahoru (např. potápníci, klešťanky, bodule) a břichem vzhůru (znakoplavka), což je její adaptace k lovu do vody spadlých drobných živočichů, kterých se zmocňuje zespodu vodní hladiny.

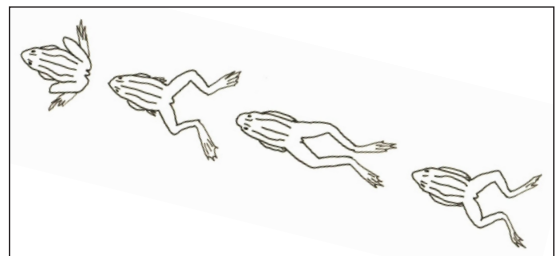
Další způsob veslovitého plavání lze demonstrovat na větších druzích perlooček (*Daphnia*).

Neustále „poskakují“ ve vodním sloupci trhavými pohyby vzhůru a vzápětí klesají dolů. K pohybu využívají druhý pár dvouvětvných tykadel (tzv. antény), opatřených četnými brvami. Perloočky pohybují těmito anténami rytmicky – obvykle po dvou úderech následuje přestávka, během níž poněkud klesnou, ale po další sérii úderů antén poskočí trochu nahoru a dopředu (Obr. 16). Nejlépe s využitím mikroskopu a připojené kamery můžeme demonstrovat obdobný pohyb příbuzných drobných buchanek (*Cyclopoidea*), u nichž jsou jejich trhavé pohyby ve vodě vyvolány prodlouženým prvním párem tykadel, zvaných antenuly.

Unikátní způsob plavání nacházíme u žab. Prodloužení zadních končetin, zvětšení chodidel a prstů spojených blánou a některé další adaptace umožňují žábám vykonávat na souši dlouhé skoky a prakticky touž technikou, jen s nohama více do stran, mohou „skákat“ i ve vodě. Způsob plavání skokana hnědého (*Rana temporaria*) s připaženými předními končetinami je znázorněn na Obr. 17. Tento skokan není

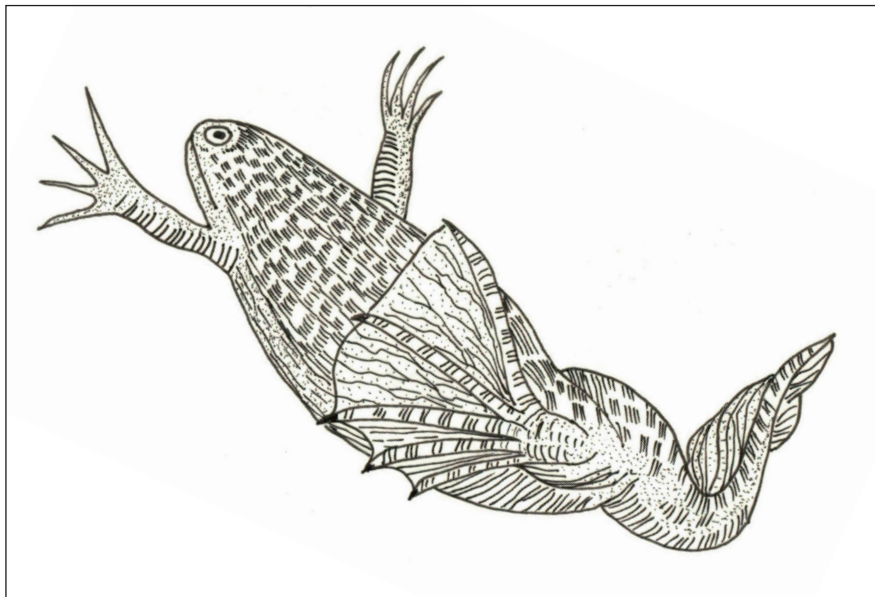


Obr. 16 Schéma pohybu perloočky; kresba autor.



Obr. 17 Způsob plavání skokana; kresba autor.

zvláště chráněným druhem, takže ho můžeme ke krátkodobému pozorování využít. Některé žáby používají při plavání jen zadních nohou, přičemž přední končetiny jsou namířeny dopředu, ale na plavání se nepodílejí (např. často chované africké drápatky rodu *Xenopus*, Obr. 18), u drobnějších drápateček rodu *Hymenochirus* lze pozorovat, že k plavání jsou používány i přední nohy, které jsou vybavené mezi prsty také plovacími blánami. Detailní popis plavání žab prezentovali Nauwelaerts et al. (2005) a Stamhuis & Nauwelaerts (2005).

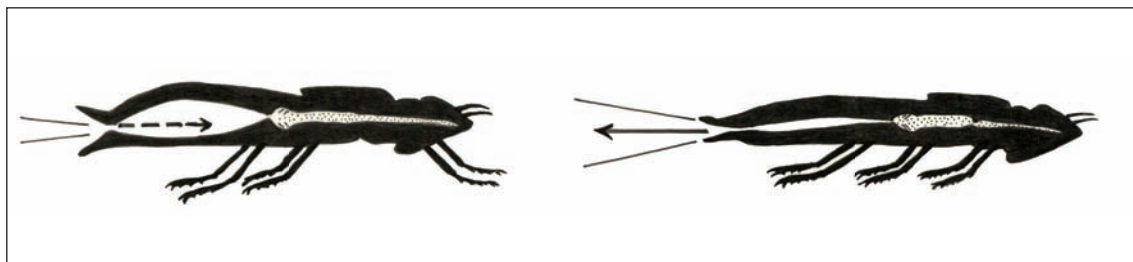


Obr. 18 Drápatka vodní (*Xenopus laevis*); kresba autor.

• „RAKETOVÝ“ POHYB

Tuto specialitu můžeme dobře demonstrovat dobře u larev šídel (Obr. 19) a vážek. Využívají energie zpětného rázu respirační vody prudce vystřikované z anální dýchací dutiny. Tento pohyb je využíván nejen k prudkým únikovým skokům při nebezpečí, ale v přírodě i k překonávání větší vzdálenosti. V akváriu tuto únikovou reakci můžeme vyvolat např. špejlí, kterou několikrát zlehka ťukneme na zadeček larvy. Tímto způsobem dokážou

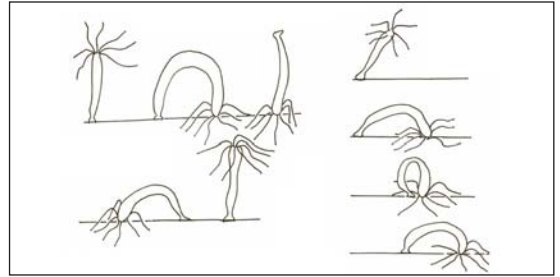
larvy šídel (např. *Aeshna*, *Anax*) postupnými „odskoky“ dlouhými 6–8 cm překonat snadno celkovou vzdálenost až 30 cm. Maximální zjištěná rychlost při tomto způsobu pohybu byla 50 cm/s (Nachtigall 1974). Zpětným odrazem vody vystřikované z podklobouku se pohybuje i u nás se vyskytující medúzka sladkovodní (*Craspedacusta sowerbyi*), náležející mezi láčkovce.



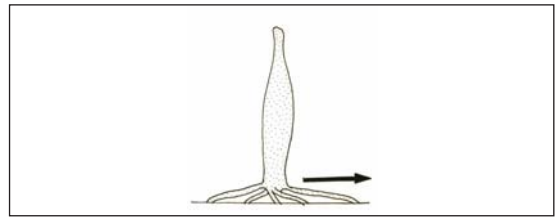
Obr. 19 Princip raketového pohybu larvy šídla; kresba autor.

Různé další způsoby

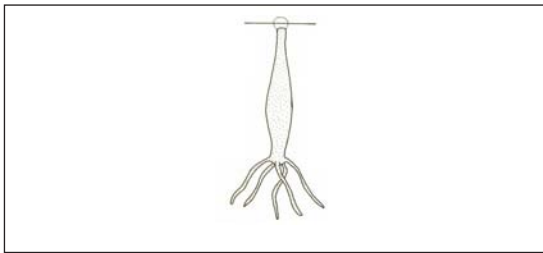
U nezmarů (*Hydra*, *Pelmatohydra*) je známo hned několik způsobů pohybu. Unikátním je přemetovitý pohyb (Obr. 20a), který může nezmar používat jak na dnovém substrátu, tak i naspodu hladinové blanky. Mimo to je u něj možný i jakýsi pídalkovitý pohyb (Obr. 20a) po substrátu či pouze pomocí ramen (Obr. 20b), případně plavání u hladiny pomocí malé bublinky, která ho nadnáší (Obr. 20c). Na vegetaci může nezmar využívat i jakési šplhání pomocí svých chapadel (Obr. 20d). Nutno poznamenat, že pozorování nezmarů vyžaduje absolutní klid v nádrži, neboť i na mírné otřesy reagují nezmaři rychlým stažením ramen a těla do malé kuličky.



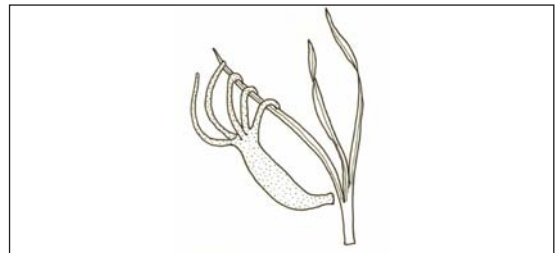
Obr. 20a Schémata přemetovitého (vlevo) a pídalkovitého pohybu (vpravo) nezmarů; kresba autor.



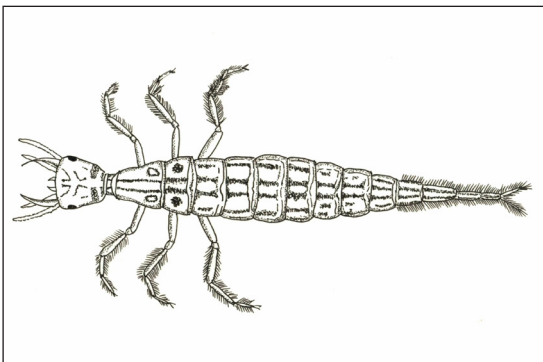
Obr. 20b Způsob pohybu nezmarů po substrátu pomocí chapadel; kresba autor.



Obr. 20c Způsob plavání nezmarů u vodní hladiny s pomocí vzduchové bublinky; kresba autor.

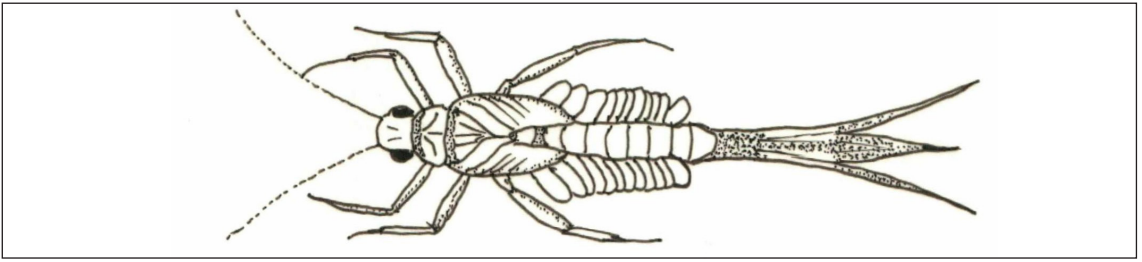


Obr. 20d Způsob šplhání nezmarů na rostlině pomocí chapadel; kresba autor.

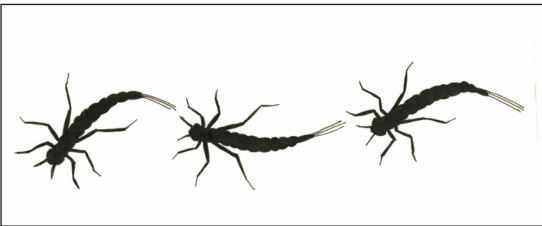


Obr. 21 Larva brouka příkopníka rodu *Acilius*; kresba autor.

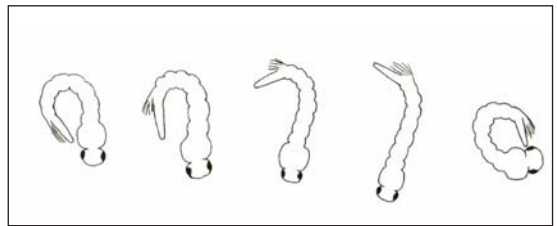
U larev potápníků můžeme pozorovat kromě kráčivého pohybu (např. rod *Agabus*) běžně i pohyb veslovitý obrvenými nohama a jednak prudkými esovitými pohyby a skoky, které jsou právě umožněny švihem zploštělého těla, podpořeným ještě lemem plovacích brv na zadečku (rod *Dytiscus*). Některé larvy se volně vznášejí ve vodním sloupci nebo jsou obvykle „zakotveny“ na hladině (příkopníci rodu *Acilius*, Obr. 21).



Obr. 23 Larva jepice rodu *Cloeon*; kresba autor.



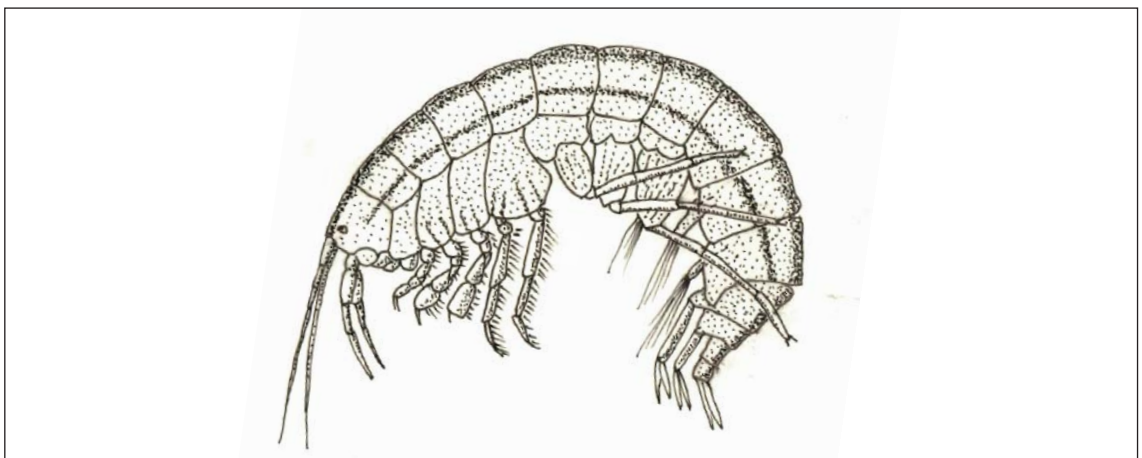
Obr. 22 Schéma pohybu larvy šidélka; kresba autor.



Obr. 24 Schéma pohybu larvy komára rodu *Aedes*; kresba autor.

Larvy příklopníků se pohybují ve volné vodě pomocí dlouhých hustě obrvených nohou. Při vyrušení nebo ohrožení ale provádějí prudké zpětné skoky svižným esovitým šviháním celého těla. Podobnými prudkými skoky se vrhají také na kořist. Larvy některých vážek se mohou pohybovat chůzí, během nebo i plaváním bočními vlnivými pohyby těla s účinnou pomocí anální ploutvičky (např. motýlice či šidélka, viz Obr. 22).

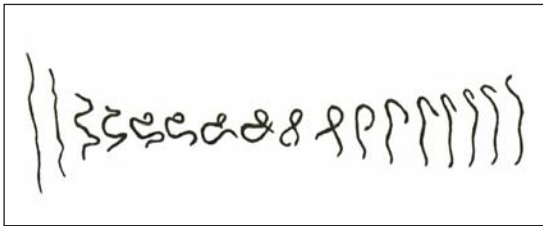
U jepic rodu *Cloeon* (Obr. 23) nacházíme dlouhé, hustě po stranách obrvené abdominální štěty, které tvoří jakousi plovací ploutvičku. Pomocí této ploutvičky, s přispěním žaberních lupinek a prudkým dorzoventrálním vlnivým pohybem zadečku, jsou schopny se larvy pohybovat náhlými rychlými poskoky i plynulým plaváním. Larvy komárů (*Culicidae*) se pohybují střídavým cukavým ohýbáním a napřimováním těla (Strickman 1989), (viz Obr 24).



Obr. 25 Blešivec rodu *Gammarus*; kresba autor.

Kukly komárů jsou také pohyblivé, mají tvar připomínající jakousi zkroucenou notu, a pohybují se pomocí záškrubů zadečku. Vyskytují se takřka stále u hladiny, neboť díky bublinkám vzduchu uzavřených v těle jsou kukly výrazně lehčí než voda.

Zvláštní pohyb nacházíme u bočně zploštělých blešivců (*Gammarus*, Obr. 25), jejichž obvyklá poloha je ta, že leží na dně na boku. Při vyrušení (např.



Obr. 26 Schéma spirálovitě trhavého únikového plavání žížalce pestré (*Lumbriculus variegatus*); kresba autor.

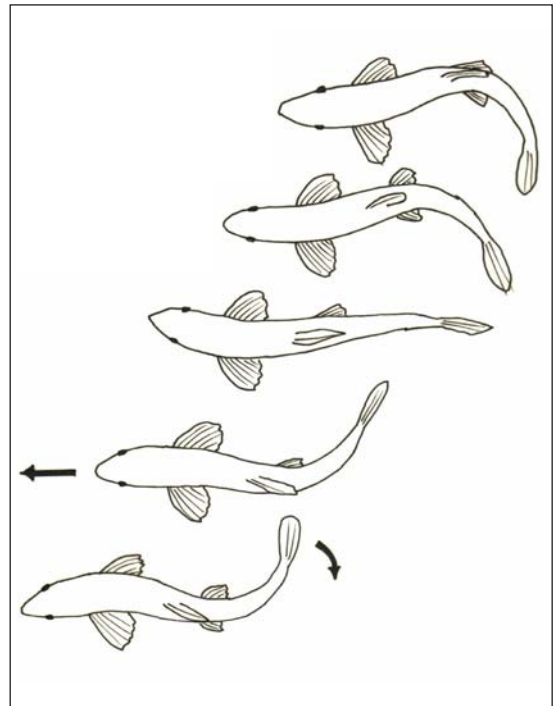
odklopením kamene na dně, kde byli schováni) se rychle odstrkují třemi páry zadečkových skákacích nožek (uropody) ve snaze se rychle dostat do jiného úkrytu. Dokážou se ale také pohybovat v normální poloze těla rychlým vířením třech párů zadečkových plovacích nožek (pleopody).

U žížalce pestré (*Lumbriculus variegatus*), žijící ve stojatých vodách často s napadaným listím, je známo únikové plavání (Obr. 26), kdy se snaží trhavými kroutivými pohyby dostat do bezpečí. Toto chování lze vyvolat jemným dotknutím se žížalce v přední části těla (Drewes 1999).

U ryb záleží na tvaru a stavbě těla, jaký pohyb u nich převažuje. Kromě vlnivého pohybu ryb s hadovitým tvarem těla (viz dříve zmiňovaný úhoř) se obvykle na pohybu především uplatňuje ocasní násadec s ocasní ploutví, a to pohyby do stran (Obr. 27), jde o tzv. undulační laterální typ pohybu. Ostatní ploutve pak slouží ke korigování směru a rychlosti plavání (prsí ploutve)

a udržování základní polohy ryby (nepárové ploutve hřbetní a řitní). Při rychlé změně směru plavání se uplatňují všechny ploutve i ohýbání části těla. Rychle se pohybující ryby se vyznačují dokonalým hydrodynamickým tvarem těla a vykrojenou ocasní ploutví.

Pohyb ryb je možné dobře pozorovat u ryb pocházejících z našich vod i u exotických druhů chovaných akvaristy (např. plotice obecná *Rutilus rutilus*, okoun říční *Perca fluviatilis*, živorodka duhová *Poecilia reticulata*, rájovec dlouhoploutvý *Macropodus opercularis*). Stojí za zmínku, že pozorování způsobu plavání ryb byla věnována pozornost již ve 150 let staré učebnici Přírodopisu pro nižší reálné školy (Zippe & Krejčí 1861), kde po textu zabývajícím se rybami lze najít kontrolní otázku „Jaké pohybovací ústroje nalézají se u ryb, a jaké jeví se



Obr. 27 Plavání ryby pomocí undulace těla s důrazem na pohyby ocasní ploutve; kresba autor.

v nich rozličnosti?“ Vzhledem k velké rozmanitosti a vzhledu ryb i následně různým adaptacím k pohybu lze zvidavějším čtenářům doporučit studie Videlera & Wardleho (1991), Domenicchio & Kapoora (2010) a Taylora et al. (2010), kteří problematiku způsobů pohybu a rychlosti plavání u různých skupin ryb komplexně zpracovali. Jako zajímavost lze uvést, že i u nás jsou již dostupné hračky v podobě robotických ryb, které se pohybují pomocí baterie. Jsou aktivovány vložením do vody a jejich pohyb je vyvolán oscilačním bočním pohybem ocasní ploutve (bližší údaje o robotických rybách viz Yeo et al 2014).

ZÁVĚREM

Z uvedeného textu je patrné, že školní akvárium může umožňovat přímý kontakt s živými vodními živočichy i ve třídě a může tak být vhodným názorným zpestřením výuky biologie. Autor samozřejmě nepředpokládá široké využití prezentovaných námětů na školách, ale tam, kde je přítomen učitel se zájmem o akvaristiku, může být tento článek inspirovající. Příští část bude věnována pozorování dýchání některých vodních živočichů.

Literatura

- CAPONIGRO M.A. & ERIKSEN C.H. (1976). Surface film locomotion by the water strider, *Gerris remigis* Say. *The American Midland Naturalist*, 95, 2: 268–278.
- DOBROWOLSI K.A. (1971). *Jak živočichové plavou*. Knižnice všeobecného vzdělání – Maják, 256 s.
- DOMENICIO P. & KAPOOR B.G. (eds.) (2010). *Fish locomotion: an Eco- ethological Perspective*. CRC Press, 549 s.
- DRAHOTUŠSKÝ Z. & NOVÁK J. (2000). *Akvaristika*. Jota, 304 s.
- DREWES CH.D. (1999). Helical swimming and body reversal behaviors in *Lumbriculus variegatus* (Annelida: Clitellata: Lumbriculidae). *Hydrobiologica*, 406: 263–269. <https://doi.org/10.1023/A:1003784100638>
- DUSIL V. (1957). Chov potápníka vroubeného. *Živa*, 1: 30.
- FRANK S. (2013). *Akvaristika. 100+1 základních otázek*. Aventinum, Praha, 200 s.
- GAZZOLA M., ARGENTINA M. & MAHADEVAN L. (2014). Scaling macroscopic aquatic locomotion. *Nature Physics, Letters*, Published online 14. December 2014. DOI: 10.1038/NPHYS3078, 4 s. <https://doi.org/10.1038/nphys3078>
- HANEL L. (2001). *Akvaristika. Biologie a chov vodních živočichů. I. Obecná část*. Skriptum Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha, 228 s.
- HANEL L. & LIŠKOVÁ E. (2003). *Stručný obrazový klíč k určování hlavních skupin vodních bezobratlých*. Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 76 s.
- HANEL L. (2004). *Akvaristika. Biologie a chov vodních živočichů. II. Speciální část*. Skriptum Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha, 260 s.
- HERÁŇ I. (1982). *Díváme se na zvířata*. Panorama, Praha, 216 s.
- HOFMANN J. & NOVÁK J. (1996). *Akvaristika*. X-Egem Nova, Praha, 197 s.
- HOFMANN J. & NOVÁK J. (1998). *Velký atlas akvariálních ryb*. Brázda, Praha, 364 s.
- HOFMANN J. & NOVÁK J. (1999). *Akvárium sladkovodní a mořské – praktické návody k založení a ošetřování*. Brázda, Praha, 204 s.

- HU L.D., CHAN B. & BUSH J.W. (2003). The hydrodynamics of water strider locomotion. *Nature*, 424: 663-666. <https://doi.org/10.1038/nature01793>
- HU D.L. & BUSH J.W. M. (2010). The hydrodynamics of water-walking arthropods. *Journal of Fluid Mechanics*, 644: 5-33. <https://doi.org/10.1017/S0022112009992205>
- JAVOREK V. (1978). *Kapesní atlas ploštíc a kříšů*. SPN Praha, 400 s.
- LELLÁK J. et al. (1972). *Biologie vodních živočichů*, Skriptum přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha, 218 s.
- NACHTIGALL W. (1974). *Chapter 6, Locomotion: Mechanics and Hydrodynamics of swimming in aquatic insects*, 382-395. In: ROCKSTEIN M. (1974). *The physiology of Insecta*. Vol. 3, Academic Press, New York, London, 536 s.
- NAUWELAERTS S., STAMHUIS E.J. & AERTS P. (2005). Propulsive force calculations in swimming frogs I. A momentum-impulse approach. *Journal of Experimental Biology*, 208: 1435-1443. <https://doi.org/10.1242/jeb.01509>
- NOVÁK J. (1983). Vodní brouci v akváriu. *Akvárium terárium*, 3:16.
- PATOKA J. (2010). *Krevety sladkovodní*. Robi maus, 72 s.
- STAMHUIS E.J. & NAUWELAERTS S. (2005). Propulsive force calculations in swimming frogs II. Application of vortex ring model to DPIV data. *Journal of Experimental Biology*, 208: 1445-1451. <https://doi.org/10.1242/jeb.01530>
- STRICKMAN D. (1989). Biosystematics of larval movement of Central American mosquitoes and its use in field identification. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 5, 2: 208-218.
- TAYLOR G., TRIANTAFYLLOU M.S. & TROPEA C. (eds.) (2010). *Animal locomotion*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 443 s. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11633-9>
- VIDELER J.J. & WARDLE C.S. (1991). Fish swimming stride by stride: speed limits and endurance. *Reviews in Biology and Fisheries*, 1: 23-40. <https://doi.org/10.1007/BF00042660>
- VOGEL S. (2008). Modes and scaling in aquatic locomotion. *Integrative and Comparative Biology*, 48, 6: 702-712. <https://doi.org/10.1093/icb/icn014>
- YEO K.B., TEO K.T.K. & LOONG W.W. (2014). Brief development of underwater autonomous biomimetic fish. *Journal of Applied Sciences*, 14, 23: 3202-3210. <https://doi.org/10.3923/jas.2014.3202.3210>
- ZIPPE F.X.M. & KREJČÍ J. (1861). *Přírodopis pro nižší reálné školy*. Praha.