

1. Přílohy

1.1. Příručka o parazitismu pro učitele gymnázií

Tato kapitola má za úkol seskupit potřebné informace pro učitele, kteří mají zájem učit tuto problematiku ve svých třídách. Tyto informace nejsou zdaleka tak nové, ale stále bohužel nejsou obsaženy ani v učebnicích základních a středních škol. Proto tato příručka má pomoci nastínit tuto problematiku a získat nové informace.

1.1.1. Úvod

Proč vlastně učit informace o parazitech? Podle Websterova mezinárodního slovníku je parazit definován jako organismus, který žije uvnitř nebo na jiném živém organismu a získává z něj část nebo všechnu organickou výživu. Často je parazit donucen k významné adaptivní změně své vlastní struktury a svému hostiteli určitými stupni škodí. Podle této definice patří parazitismus k významným životním stylům na Zemi (Seville et al., 2004).

Paraziti jsou nesmírně zajímaví tvorové, kteří zásadním způsobem ovlivňují dění na naší planetě. Jsou také, co do počtu druhů i co do počtu jedinců, nejpočetněji zastoupenými tvory na Zemi. Bylo by tedy škoda své studenty o jejich neřestech neinformovat. V posledních letech se naštěstí na parazity pohlíží jako na organismy schopné manipulovat svými hostiteli, což ve všech případech rozhodně není jednoduché. Je pravda, že mnozí zástupci parazitů si k tomuto cíli nevybralo zrovna atraktivní cestu, ale přiznejme si, že právě nechutné, hororové nebo někdy možná i sci-fi záležitosti studenty nejvíce zajímají (Seville et al., 2004; Zimmer, 2000).

1.1.2. Definice a druhy parazitismu

Obecně platí, že parazitismus je vztah mezi dvěma organismy, z něhož jeden druhému škodí. Například ve slovníku cizích slov je parazit popsán jako cizopasník, vykořisťovatel a příživník (Linhart a kol., 2004). Vytvořit znění definice tohoto slova není tak jednoduché, jak se na první pohled zdá. Přestože si každý dokáže pod pojmem parazitismus vybavit určitou definici, žádná z nich nemusí být úplná. V dnešní době je nejrozšířenější tento názor: parazit je organismus, který získává živiny z jednoho či více hostitelů, kterým škodí, ale nemusí je zabít (P. Volf, P. Horák a kol., 2007). Paraziti tedy

nejdou vymezení taxonomicky nýbrž ekologicky, a proto mezi ně můžeme řadit organismy od virů až po obratlovce (J. Flegr, 2005).

Definice parazitizmu autorů knih, ze kterých vycházím:

Podle Carla Zimmera, 2000: „*To slovo „parazit“ je docela ošemetné. Může označovat cokoli, co žije na povrchu nebo uvnitř jiného organismu a na účet tohoto organismu. Vědci samotní označují z nějakých zvláštních historických důvodů tímto slovem všechno, co žije paraziticky, kromě bakterií a virů.*“

Podle Jaroslava Flegra, 2005: „*Klasická definice praví, že parazit je organismus, který v některé fázi svého životního cyklu využívá organismy jiné (hostitele) jako zdroj potravy i jako stálé nebo dočasné životní prostředí, a tím jim přímo nebo nepřímo škodí.*“

Definice parazitizmu v učebnicích základních a středních škol:

Podle Stanislava Rosypala, 2003: „*Při parazitizmu je cizopasník zpravidla menších rozměrů než hostitel. Cizopasník hostitele nezabíjí, ale postupně z něho odčerpává potřebné živiny.*“

Podle Miroslava Papáčka a kol., 1994: „*Mezi parazity, kteří na rozdíl od predátorů svoji kořist ihned neusmrcují, řadíme endoparazity žijící uvnitř hostitelského organismu (hlísty, motolice, vrtejše, jazyčnatky, larvy lumků, střechů aj.) a ektoparazity žijící dočasně či trvale na povrchu těla hostitele (píjavky, vši, klíšťata, upíry aj.).*“

Předstupněm parazitizmu by se mohla považovat foréze, kdy hostitel funguje jako transport pro daný organismus. Z foréze se může vyvinout obligátní parazitizmus, při kterém parazit není schopen života nebo množení bez svého hostitele. Možným mezistupněm při vzniku parazitů jsou fakultativní parazité, kteří žijí samostatně, volně, ale někdy využijí hostitele ke zvýšení fitness (P. Volf, P. Horák a kol., 2007).

Rozmnožování parazitů je většinou nepohlavní. Můžeme se u nich setkat v rámci infrapopulace se sekundárními formami množení a to například s partenogenezí (vývoj vajíčka bez předchozího oplodnění) anebo s polyembryonií, což je rozmnožování, při kterém se embrya rozdělí na několik dalších zárodků.

U eukaryotických organismů je pohlavní rozmnožování nejběžnější, a proto by se tedy dalo předpokládat, že je i evolučně výhodné, některé parazitické druhy schopnost

pohlavního rozmnožování nemají, případně se pohlavně množí jen v životním cyklu ve svém definitivním hostiteli anebo pohlavním rozmnožováním produkují pouze invazní stádia, která opouštějí hostitele do vnějšího prostředí. U parazitů s přímým životním cyklem je časté, že pohlavně vzniklé propaguje, odcházejí z těla hostitele nezralé a infekčními se mohou stát teprve po dozrání ve vnějším prostředí. Tímto způsobem se snižuje riziko, že by se potomci vzniklí sexuálními procesy vrátili zpět do stejné infrapopulace a tímto by tedy infikovali svého původního hostitele. Jestliže se parazit uvnitř hostitele rozmnožuje pohlavně, bývá toto množení často doprovázeno ireverzibilní diferenciací na novou životní formu parazita, která odchází do jiného orgánu hostitele. A proto si nemůžou konkurovat s rodičovskou populací.

Pokud by si měli potomci konkurovat mezi sebou, či konkurovat samotnému rodičovskému jedinci, jsou produkováni nepohlavním množením. Většinou se uvádí, že hlavním důvodem nepohlavního rozmnožování je potřeba zajistit pokračování generace a to i v takovém případě, že se do hostitele dostane jen jeden parazit (P. Volf, P. Horák a kol., 2007).

Tabulka vztahů mezi organismy podle P. Volfa, P. Horáka a kol., 2007

Typ vztahu	Zisk jednoho	Zisk druhého
Parazitismus	+	-
Preface	+	-
Kompetice	-	-
Protokooperace	+	+
Mutualismus	+	+
Komensalismus	+	0
Amensalismus	-	0
Neutralismus	0	0

Z hlediska vztahů mezi organismy mají predace a parazitizmus podle výše uvedené tabulky stejnou definici. Proto jsou někdy predátoři a parazité označováni jako přirození nepřátelé. Avšak mezi parazity a predátory je hned několik rozdílů. Prvním z nich je počet jedinců, který je během života využíván. U parazitů je většinou jen jeden hostitel oproti predátorům, kteří napadají velké množství kořisti (P. Volf, P. Horák a kol., 2007). Druhý rozdíl spočívá v tom, že hostitel poskytuje parazitovi dočasné nebo trvalé životní prostředí na rozdíl od dravců. Zatímco vztahy dravce a kořisti, jako dvou individuí, jsou pouze

protichůdné, vztah parazita a jeho hostitele je do určité míry asymetrický. Hostitelovy zájmy jsou zcela odlišné od zájmů parazita. Oproti tomu parazit, který potřebuje živého hostitele jako své životní prostředí, má alespoň nějaké zájmy shodné se zájmy svého hostitele. Hostitel napadený parazitem musí alespoň nějakou dobu přežívat a pokud možno se i rozmnožovat (J. Flegr, 2005). Třetí rozdíl záleží na tom, jak nepřítel snižuje biologickou zdatnost – fitness – své oběti. Predátor zničí biologickou zdatnost veškeré své kořisti. Parazitoidi, kteří se svojí strategií podobají predátorům, napadají jen jednoho hostitele, ale pro dokončení svého vývoje ho musejí zabít, ještě před tím, než se hostitel stačí rozmnožit. Na druhé straně mikropredátoři, kam patří například i komáři, svou kořist nezabíjejí, přestože jejich hostitelů bývá více. Mezi parazity, kteří snižují fitness svého hostitele na nulu patří parazitocítní kastrátoři. Sice svého hostitele nezabíjejí, ale znemožní mu se rozmnožovat. Což z hlediska ekologie a evoluce znamená totéž (P. Volf, P. Horák a kol., 2007).

Z hlediska životních strategií se paraziti dělí na makroparazity a mikroparazity. Prvotně toto dělení nesouviselo s velikostí parazita, ale s množstvím infikujících parazitů, které způsobuje patologické projevy.

Makroparaziti se v hostiteli nemnoží, nezvyšují svůj počet. Produkují infekční stádia, která se dostanou do dalších hostitelů. Patogenní projevy proto záleží na počtu infikujících jedinců. Infekce je chronická s nevýznamnou úmrtností. Mezi makroparazity patří například členovci a červy. Mikroparaziti se množí v těle svého hostitele, ale většinou nevytvářejí infekční stádia. Onemocnění probíhá prudce a buď končí smrtí hostitele, nebo jeho uzdravením s následným vytvořením imunity proti danému parazitovi. Do této skupiny řadíme hlavně viry, bakterie, prvoky a houby. Můžeme také najít obě tyto formy životní strategie z hlediska životního cyklu u jednoho parazita a tím je například motolice, která v plži představuje mikroparazita, zatímco v definitivním hostiteli je makroparazit.

Dále můžeme parazity dělit z hlediska jejich životních cyklů na jednohostitelské (monoxenní) a na vícehostitelské (heterogenní). Například u giardie probíhá celý vývojový cyklus v jednom hostiteli – například v člověku. Oproti tomu echinokok musí vystřídat dva hostitele, kteří patří do úplně odlišných taxonomických skupin – býložravec a jeho predátor, pes. Podle toho, kde probíhá pohlavní fáze rozmnožování dělíme hostitele v rámci vícehostitelského cyklu na mezihostitele a definitivního hostitele. V mezihostiteli buď neprobíhá žádné množení, anebo dochází

pouze k asexuálnímu množení. Zatímco ve finálním hostiteli dochází k sexuálnímu množení.

Podle toho, kde se parazit v hostiteli nalézá, dělíme parazity na ektoparazity a endoparazity. Ektoparaziti žijí na povrchu svého hostitele. Do této skupiny řadíme vši, které žijí v ochlupení svých hostitelů. Komáři jsou z tohoto hlediska dočasní ektoparazité, ale z ekologického hlediska jsou zařazeni mezi mikropredátory. Komáři také mohou sloužit jako přenašeči (vektor). To znamená, že přenášejí na svého hostitele ještě jiného patogena. Tímto způsobem jsou využíváni mnozí parazitičtí členovci. Ve vektoru se parazit může mezitím množit a vyvíjet se v něm. Endoparaziti žijí uvnitř těla svého hostitele. Do této skupiny řadíme například tasemnice a vlasovce. Endoparazity můžeme ještě dále rozdělit na vnitrobuněčné (intercelulární), kteří žijí mezi buňkami hostitele a na extracelulární, kteří žijí uvnitř tělních dutin hostitele.

Z hlediska počtu druhů, které parazitovi slouží jako hostitel v určitém stádiu vývoje, rozlišujeme parazity s úzkou a širokou hostitelskou specifikou, tedy stenoxenní a euryxenní jedince. Například mezi parazity s úzkou hostitelkou specifikou patří veš muňka, která parazituje pouze na člověku. Na druhé straně *Toxoplasma gondii* má široké spektrum mezihostitelů, mezi které patří kromě člověka prakticky všichni savci a některé druhy ptáků.

Zvláštním typem parazitizmu je hnízdní parazitizmus. Hnízdní parazit je živočich, který nevychovává své potomstvo sám, ale využije k tomu jiné jedince, kteří se tak nedobrovolně stanou adoptivními rodiči potomků parazita. Hnízdní parazitizmus se vyskytuje u ptáků, blanokřídlých a u některých druhů ryb. Parazit své potomky svěří do péče rodičům stejného druhu, to se pak jedná o vnitrodruhový hnízdní parazitizmus. Když si za adoptivní rodiče zvolí jedince odlišného druhu, než jsou oni sami, jedná se o mezidruhový hnízdní parazitizmus (P. Volf, P. Horák a kol., 2007).

1.1.3. Evoluce parazitizmu

1.1.3.1. Vztah parazita a hostitele

V evolučním zápase mezi parazitem a hostitelem je parazit v roli útočníka. A právě to už je první výhoda parazita, jelikož má možnost volit si zbraně. Další výhodou mu je jeho životní strategie a jeho biodemografické parametry. Paraziti se v mnohém spoléhají na

svého hostitele, například v zajišťování vegetativních funkcí. Díky tomu si mohou dovolit vkládat většinu zdrojů do produkce potomstva. Proto většina parazitů vyprodukuje za svůj život velké množství potomků jako například měchovec (*Necator*), který produkuje až 15 000 vajíček za den, některé motolice 24 000, škravka 200 000 a tasemnice až 720 000 vajíček. Tento fakt může mít zásadní vliv na průběh i výsledek evolučního zápasu mezi hostitelem a parazitem. Pokud druh produkuje velké množství potomků, z nichž se jen malá část dožije reprodukčního věku, potom u něj přirozený výběr může fungovat velmi efektivně a evoluce adaptivních znaků může probíhat velmi rychle. A jelikož generační doba parazita bývá často mnohonásobně kratší než generační doba jeho hostitele, tak to vše přispívá k tomu, že i evoluce parazita probíhá rychleji než evoluce hostitele.

Z hlediska evoluce je zajímavý ještě další jev – **večeře, nebo život**, který značně určuje výsledek koevolučního zápasu mezi parazitem a hostitelem. Parazit a hostitel nemají v tomto koevolučním zápase stejný zájem. Protože pokud parazit tento zápas prohraje, znamená to pro něj smrt, zatímco pro hostitele to znamená větší nebo menší snížení biologické zdatnosti. Fakt, že i hostitel bývá svým parazitem někdy usmrčen nebo se nedokáže rozmnožovat, a jeho biologická zdatnost se tím sníží až na nulu, na věci mnoho nemění. Nejedná se totiž o typickou situaci, jelikož parazit by se ve svém vlastním zájmu měl pokusit svého hostitele neusmrtit. Proto i příslušné selekční tlaky, kterým je parazit vystaven, vedou k postupnému snižování jeho patogenity na určitou úroveň.

Princip večeře, nebo život se uplatňuje nejen ve vztahu parazita a hostitele, ale v dalších mezidruhových i vnitrodruhových vztazích. Nejdříve byl tento princip rozpoznán a pojmenován ve vztahu – dravec a kořist - predace. Můžeme si to zjednodušeně popsat na příkladu zajíců, kteří běhají rychleji než liška, protože zajíců jde o život, zatímco lišce o večeři.

Další důvod, proč je evoluce parazitického druhu rychlejší než evoluce druhu hostitelského, spočívá v intenzivnějším a systematičtěji působícím selekčním tlaku, kterému je populace parazita ve srovnání s populací hostitele vystavena. Zatímco v každé generaci hostitele je jen část jedinců vystavena působení parazita, na druhé straně kterýkoli jedinec generace parazitického druhu musí interagovat s hostitelem. Paraziti jsou tedy selekčnímu tlaku ze strany hostitele vystaveni neustále, zatímco hostitelé jsou vystaveni selekčnímu tlaku ze strany parazita jen nesystematicky a přerušovaně.

Negativní působení parazita na hostitele může být velmi intenzivní. Rozšíření určitého druhu parazita může dokonce vymezit areál výskytu pro daný hostitelský druh. Například ve velké části rovníkové Afriky nemohou dlouhodobě přežít běžná plemena hovězího

dobytka, tedy zde nemůže žít ani větší lidská populace, protože na tomto místě žijí mouchy tse-tse (rod *Glossina*). Tento druh přenáší trypanosomy, prvoky způsobující u dobytka smrtelnou nemoc nagana.

Díky rychlejší evoluci dokáže specializovaný parazit nakonec vždy přelstít obranný systém hostitelského druhu. Na první pohled by se tedy mohlo zdát, že hostitelský druh nemá šanci v evolučním zápase s parazitem přežít. Skutečnost je naštěstí jiná. Zatímco pro hostitele znamená vytvoření nového systému obrany proti parazitům jednoznačnou výhodu, pro parazita může být takováto přestavba mechanismu obrany proti hostitelskému obrannému systému v konečné fázi i smrtelná. Pokud by totiž byl jeho hostitel vyhuben nebo by byla ohrožena jeho populace a počet jedinců by klesla pod určitou hranici, musel by nutně vyhynout i parazit. Je tedy jasné, že specializovaný, jednohostitelský parazit nemůže svého hostitele vyhubit, aniž by sám dřív nevyumřel. Jiná situace nastává u méně specializovaných druhů parazitů s širším spektrem hostitelských druhů. Zde může dojít i k tomu, že parazit některý ze svých hostitelských druhů vyhubí.

1.1.3.2. Hypotéza Červené královny

V souvislosti s evolucí parazitů a parazitizmu je důležité se znovu zmínit o hypotéze Červené královny. Tento princip byl poprvé popsán L. van Valenem v knize *A new evolutionary law* v roce 1973. Byl využit pro vysvětlení makroevolučních dějů, ale uplatňuje se také minimálně stejně i v cyklických a acyklických dějích mikroevolučních. Tato hypotéza, pojmenovaná podle postavy z knihy Lewise Carrola „Alenka v kraji za zrcadlem“, popisuje to, že v některých situacích je nutné rychle běžet kupředu, abychom zůstali alespoň na místě. Abychom se pohnuli dopředu, nestačí jen běžet, ale je nutné běžet rychleji než ostatní (Flegr, 2005).

1.1.3.3. Adaptace parazita vůči hostiteli

Paraziti a jejich hostitelé se mohou vyvíjet vedle sebe za stálého vylepšování zbraní, které biologové nazývají jako - „závody ve zbrojení“. Paraziti se postupně vyvíjejí a zlepšují své schopnosti poznávání svého hostitele. Pokoušejí se najít slabiny v jeho obraně a zařídit vše podle sebe a pro své dobro (Zimmer, 2000). U jednoho z druhů vznikne určitá evoluční novinka, která zvýší jeho zdatnost na úkor jedinců jiného druhu, a proto se

v populaci tohoto druhu postupně rozšíří. Takovou evoluční novinkou mohou být silnější čelistní svaly, které umožňují dravé rybě prolomit schránku plže a zařadit jej do svého jídelníčku. Tímto vznikne u plže selekční tlak na vytváření pevnějších schránek, případně na vytvoření nějaké jedovaté či odporně chutnající látky, aby se ubránil útokům ryb. Vznik této adaptace u plže vyvolá vznik selekčního tlaku na dravou rybu, který povede ke vzniku nové protistrategie a umožní evoluční novinky u plže nějak překonat, například vznikem ještě silnějších čelistních svalů nebo vznikem ostřejších rohovitých čelistí, které umožní rozbít i pevnější schránky. Nové kolo závodů ve zbrojení přitom může vyvolat jak „útočník“, tak i „obránce“ a účastníky těchto závodů nemusí být pouze dvojice druhů, ale i velké skupiny vzájemně se ovlivňujících se druhů. Mnozí paleontologové se domnívají, že některé rychlé změny fauny, ke kterým docházelo v určitých krátkých obdobích dějin Země a kterých se zúčastnilo najednou obrovské množství druhů, vznikly právě jako produkt těchto závodů ve zbrojení. U určitého druhu vznikla nějaká evoluční novinka, tím se vytvořil selekční tlak na určité druhy v prostředí a ty na tento tlak musely znovu nějak účelně evolučně reagovat (Flegr, 2005).

Pro některé parazitické organismy, včetně virů, jsou charakteristické tzv. molekulární mimikry neboli molekulární mimeze (Moloo, Kutuza, Boreham, 1980). Parazit přizpůsobuje strukturu svých makromolekul struktuře příslušných makromolekul hostitele. Pokud by například určitý virus byl schopen odstranit postupnou kumulací substitučních mutací ze svých bílkovin veškeré peptidy, které jsou rozpoznávány imunitním systémem hostitele jako cizorodé. A dále by tak byl schopen přizpůsobit svůj „peptidový slovník“, což je množina peptidů vyskytující se v jeho bílkovinách, slovníku svého hostitele, uniknul by zcela bezpečně z dosahu imunitního systému hostitele, a mohl by se tak v dané hostitelské populaci nekontrolovaně šířit. Pokud se ale peptidové slovníky dvou hostitelských organismů vzájemně liší, a to je vzhledem k příslušnému selekčnímu tlaku právě ze strany parazitů velmi pravděpodobné. Parazit nemůže současně přizpůsobit svůj slovník dvěma rozdílným slovníkům dvou hostitelských druhů, jedině za cenu drastického a s funkcí bílkovin neslučitelného omezení vlastního peptidového slovníku. Jakákoli forma využívání principu molekulární mimeze tak vytváří selekční tlak na postupné zužování hostitelského spektra parazita (Flegr, 2005).

1.1.4. Manipulační hypotéza

Studie parazitických manipulací je nekonečným zdrojem fascinujících biologických příběhů (Moore, 2002). Jak jsou paraziti schopni manipulovat svými hostiteli? Zodpovězení této otázky jednoznačně vyžaduje bližší pohled na vztah mezi parazitem a hostitelem (Gandon, 2005).

Podle manipulační hypotézy může parazit změnit chování svého hostitele pro svůj vlastní prospěch, nebo také pro lepší přenos, nakažení. Hypotéza naznačuje, že takovéto změny chování hostitele představují propracovaný výtvar evoluce parazita zaměřeného na manipulaci hostitele více než na náhodnou nákazu hostitele (Barnard & Behnke, 1990; Poulin, 1994 ex Bedroy). Paraziti, kteří jsou nakaženi pomocí potravního řetězce, klasický příklad: parazit je v těle mezihostitele, kde je jeho vývoj nedokončen a musí být sežrán predátorům, definitivním hostitelem, aby dokončil svůj vývoj a životní cyklus. Bohužel málo studií se zaměřuje na přenos parazita hostitelem a zkoumají hostitele ve vysoce nepřirodích podmínkách laboratoří (Moore & Gotelli, 1990; Webster et al., 2000).

Důležitým mechanismem, který umožňuje zvyšovat šance přenosu parazita mezi hostiteli, je vyvolání změn v chování infikovaného hostitele. Tyto změny mohou pozitivně ovlivnit pravděpodobnost přenosu parazita z hostitele na hostitele (Barnard & Behnke 1990, Moore 1984). Parazit může vyvolávat tyto změny různými způsoby. Ke specifickým mechanismům patří přímé zásahy do centrální nervové soustavy hostitele, kterými parazit dokáže spustit i velmi složité vzorce chování. K jednodušším mechanismům patří nespecifické patogenní působení na hostitelský organismus, které snižuje vitalitu hostitele, a tím zvyšuje šanci, že parazit svého hostitele usmrtí a sám zahyne. Na druhé straně v některých případech může být z hlediska šíření parazita velmi funkční. Typy změn chování, které parazit indikuje, závisí hlavně na mechanismu jeho šíření. Je jasné, že jiné změny chování napomáhají šíření z mezihostitele na hostitele predací a úplně jiné změny zvyšují účinnost šíření pohlavně přenosné parazitózy. Důležitý mechanismus, který zvyšuje šance přenosu parazita mezi hostiteli je vyvolání takových změn v chování infikovaného hostitele, které pozitivně ovlivní pravděpodobnost přenosu parazita z hostitele na hostitele nebo tedy z mezihostitele na definitivního hostitele (Flegr, 2005).

1.1.5. *Adaptace hostitele vůči parazitům*

Stejně jako si paraziti vytváří různé adaptace, aby přemohli svého hostitele, tak i hostitelé si vytvářejí různé úpravy, aby se parazitům mohli bránit. Přestože je imunitní systém pro přežití útoku parazitů velmi důležitý, je to vlastně až ta poslední zbraň, po které jedinec sáhne. Bojuje proti parazitům, kteří se do těla hostitele už dostali. Právě adaptace si hostitelé vytvářejí, aby k proniknutí do těla vůbec nedošlo. Hostitelé jsou adaptováni na boj s parazity tvarem těla, chováním, způsobem páření, dokonce i strukturou svých společenstev – vše je navrženo tak, aby ke střetu parazita a hostitele nejlépe vůbec nedošlo.

Například studiem DNA včel přišli vědci na to, že královna se na svém svatebním letu pravděpodobně páří s deseti až dvaceti samci. Takové množství pohlavních styků je pro královnu velmi náročné. Pářící se královna se také stává velmi snadnou kořistí pro predátory a nezbyvá jí příliš mnoho energie na přežití zimy. Podle švýcarského biologa Paula Schmida-Hempela si včely dopřávají tolik sexu, aby se ubránily parazitům. Injikoval do královen sperma a vypěstoval jejich kolonie. Některé královny dostaly sperma jen z několika blízkých příbuzných samců a zbytek dostaly sperma s čtyřnásobnou genetickou různorodostí. Když se kolonie začaly líhnout, umístil je ven na kvetoucí louku a nechal je tam do konce sezóny. Ve všech směrech bylo potomstvo královen, které dostaly různorodější sperma, odolnější proti parazitům než to, které vzniklo z méně různorodého spermatu. Potomstvo různorodější královny bylo mnohem méně infikováno, proniklo do ni méně druhů parazitů a s větší pravděpodobností se dožilo konce léta. Místo toho, aby si královna pečlivě vybírala jednoho nejlepšího samce, hledá si mnoho samců, aby v budoucím úlu zaručila genetickou pestrost.

Některý hmyz má tvar těla dokonale přizpůsobený k boji proti parazitům. Ve svém larválním stádiu jsou některé druhy pokryty ostny a tvrdou pokožkou, která znemožňuje vosičkám, aby do nich nakladly vajíčka. Jiné mají na těle chomáčky chlupů, které se uvolňují, pokud se vosička pokouší na těle přistát a zamotá se do nich. I kukly motýlů jsou zavěšeny na dlouhém hedvábném vlákně, takže vosičky nemohou propíchnout jejich tlustý povrch, jelikož nemají dostatečnou oporu.

Ale ne každému druhu takové brnění stačí. Takovým příkladem mohou být tisíce druhů mravenců a jim tisíce vlastních druhů parazitických much. Tyto sedí nad stezkou, kterou mravenci vytvořili mezi mraveništem a potravou. Když pod ní prochází vhodný mravenec, moucha se mu snese na záda a vloží své kladélko do otvoru mezi hlavou a jeho

zbytkem těla. Z vajíčka, které tam naklade, se okamžitě vylíhne larva a prokouše si cestu mravencovým tělem až do hlavy, kde se potom živí svalovou hmotou. Na rozdíl od lebky vyšších živočichů je hlava mravence jen volným pletencem neuronů a zbytek prostoru vyplňují svaly, které hýbou kusadly. Larva v mravenčí hlavě tyto svaly požírá, opatrně se vyhýbá nervům a roste, dokud nezaplňuje celý prostor. Jednoho dne mravenec zemře nehezkou smrtí, jelikož moucha rozleptá spojení mezi hlavou a zbytkem těla, takže mu hlava upadne. Mezitím co se bezhlavý hostitel potácí okolo, zahájí larva další stádium – kuklí se v bezpečném úkrytu mravencově hlavy. Proti těmto mouchám si mravenci vyvinuli obranné manévry. Někteří se dají do běhu, aby mouše unikli, jiní se zastaví, když ucítí, že je moucha nad nimi a začnou sebou zuřivě trhat cvakat kusadly. Mravencům tyto mouchy také změnily celé jejich sociální uspořádání. Tito mravenci lezou z mraveniště na strom, kde naporcují listy na kusy a odnášejí je zpět domů, kde na nich pěstují houby a těmi se živí. V mraveništích najdeme velké jedince – nosiče listů a malé jedince, kteří pečují o houbovou zahradu. Ty můžeme najít na vrcholcích listů, které nosiči nesou do mraveniště. Entomologové dlouho nevěděli, proč tito malí jedinci plýtvají časem takovými projížďkami. Někteří se domnívali, že sbírají na stromech jinou potravu a poté se nechají nést, aby ušetřili energii. Pravda je, že tito malí mravenci jsou obranou proti parazitům. Parazitické mouchy přistanou na kusu listu a slezou až k místu, kde mravenec drží list v kusadlech. Poté vloží do mezery mezi hlavou a zbytkem těla vajíčko. Vezoucí se malí mravenci však sedí s rozevřenými kusadly jako hlídači na listech a když zahlédnou mouchu, zaženou ji a někdy i usmrtí.

Větší savci bojují s parazity stejně intenzivně, i když ne tak nápadně. Savci jsou neustále napadáni parazity – vešmi, blechami, klíšťaty atd., kteří sají krev nebo kladou vajíčka přímo do kůže. Jako adaptace se u savců vyvinula přímo posedlost v drbání a péči o srst. Gazela má zuby ve tvaru hrábí a to ne kvůli potravě, ale aby mohla lépe vyškrabovat parazity v srsti. Pokud bychom jí v tom zabránili, počet klíšťat by se zosminásobil. Drbání u ní není reakcí na svědění, ale čistí se podle časového rozvrhu, protože paraziti jsou neúnavní. Drbání ubírá čas, kdy by se zvíře mohlo pást nebo dávat pozor na predátory. Proto například vůdčí samec impaly má nakonec šestkrát více klíšťat než samice, protože je příliš zaneprázdněn starostmi o bezpečnost svého stáda.

Podle Katherine Milton, primatoložky z Kalifornské univerzity v Berkley, mohou paraziti učit zvířata určitému chování. Tato primatoložka studuje vřešťany ve Střední Americe, jejichž paraziti jsou myázní mouchy ze skupiny bzučivek. Tyto mouchy vyhledávají na savcích otevřené rány, do kterých poté nakladou vajíčka a larvy začnou

požírat maso hostitele. Mohou způsobit i taková poškození, že svého hostitele lehce zabijí. Bzučivou jsou v hledání ran natolik úspěšné, že během evoluce donutili vřešťany se zřít agresivního chování. I boj, při kterém by jedinec utrpěl sebemenší škrábnutí, by ho mohl stát život. Stali se z nich přátelští tvorové s takovými způsoby střetů, při kterých se nezraní – vřískání a plácání, namísto kousání a škrábání.

Některé adaptace, které si hostitelé vyvinuli, aby si jich paraziti nevšimli, jsou někdy tak šokující, že na je první pohled těžké je rozeznat. Třeba například housenky *Epargyreus clarus* střelí svými výkaly jako dělovými koulemi. Když z housenky povyleze kousek výkalu, zatlačí ohebnou destičku dozadu proti kruhu cév obklopující řitní otvor. Krevní tlak za destičkou narůstá a housenka ji povolí. Tlakem krve je výkal vystřelen rychlostí až metr za sekundu a vysokým obloukem doletí i do vzdálenosti šedesát centimetrů. Tuto adaptaci si housenka vytvořila kvůli parazitickým vosičkám. Když vosička hledá housenku, je pro ni vodítkem pach výkalů. Tím, že housenka vystřelí své výkaly daleko od sebe, má větší šanci uniknout pozornosti vosiček.

I obratlovci se snaží vzdát svých obvyklých způsobů chování, aby se vyhnuli parazitům. Kravince hnojí trávu, že je pak vysoká a šťavnatá, ale krávy si od ní většinou drží odstup. Drží se dál, protože kravince často obsahují vajíčka parazitů. Paraziti, kteří se z nich vylíhnou, pak vyšplhají na nejbližší stéblo trávy a doufají, že je kráva sežere. Někteří vědci se domnívají, že savci, kteří migrují, směřují svůj pohyb tak, aby se vyhnuli místům zamořeným parazity. Například vlaštovky se vracejí do starých hnízd a používají je znovu, pokud nezjistí, že jsou zamořeny červy, blechami nebo jinými parazity. Pokud je hnízdo zamořené, postaví si nové. Pokud pavíani zjistí, že oblast kde přespávají, je plná hlístů, opustí ji a nevrátí se, dokud paraziti nepojdou. Jiříčky modrolesklé dokonce obklopují svá hnízda divokou mrkví a turanem, protože tyto rostliny obsahují látky hubící parazity. Sova někdy chytí slepana (had rodu *Leptotyphlops*), ale místo toho aby ho dala svým mláďatům, donese si ho do hnízda, kde pak požírá parazity (Zimmer, 2000).

1.1.6. Parazité využívající svého hostitele k efektivnímu rozšíření svého potomstva

Hmyzomorka muší (*Entomophthora musace*)



Hostitel umírá ve specifické poloze

Hmyzomorka muší (*Entomophthora muscae*) je velmi známé plísňové onemocnění dospělců dvoukřídlého hmyzu (*Diptera*) s celou řadou potenciálních hostitelů. Patří do třídy zygomycet (*Zygomycetes*) a řádu hmyzomorkotvarých (*Entomophthorales*).

První ji objevil Cohn v roce 1855 a byla dlouho využívána jako prostředek biologického boje (biologické agens). Nakažení hostitele probíhá na jaře nebo na podzim, kvůli vhodným podmínkám pro spory. Hmyzomorka je rozšířena ve většině oblastí mírného pásu (Weeden, a kol., 2007).

Jelikož hmyzomorka muší způsobuje mouše domácí dramatickou a do nejmenších detailů promyšlenou smrt, heslem tohoto parazita by mohlo být: „Žij volně, a zhyneš!“ (Zimmer, 2000).

Pokud přijdou spory houby do kontaktu s mouchou, přilepí se na její tělo a začnou jím prorůstat výběžky. Hmyzomorka vyšle tělem mouchy vlákna podobná vláknům sakuliny a začne nasávat výživu z krve. Jak roste, začne se hostitelovi zvětšovat zadní část těla. Několik dní se chová normálně, poletuje od sladkostí k exkrementům a nasává sosákem potravu. Dříve či později ji však popadne nekontrolovatelné nutkání nalézt si vysoko položené místo, ať už list trávy nebo horní okraj dveří. Vystrčí sosák a jako příchytkou se jím k vyvýšenému místu přilepí, pak pokrčí přední nohy a vystrčí zadeček. Několik minut mává křídly a poté je nechá zvednuté. Během této doby protlačí hmyzomorka své výběžky, na jejichž vrcholcích jsou malé váčky se sporami a jakousi pružinou, ven z nohou a zadečku mouchy. V této zajímavé pozici moucha umírá a houba se katapultuje z jejího těla. Všechny detaily smrtelné polohy – výška, úhel křídel a zadečku – to všechno vytváří pro hmyzomorku vhodné postavení, ze kterého může vystřelovat spory do větru a rozprašovat je na mouchy poletující dole. Jako by samo o sobě nebyl od zárodku houby dostatečně úctyhodný výkon, infikovaná moucha umírá tímto způsobem vždy těsně před západem slunce. Pokud se houba dočká bodu, ve kterém je schopna produkovat spory, uprostřed noci, celý proces zadrží a čeká do svítání a celý den. To

hmyzomorka, ne moucha, rozhoduje nejen o tom jak, ale i kdy – že se tak stane těsně před západem slunce. Jen v tuto dobu jsou nejvhodnější podmínky – vzduch je chladný a dostatečně vlhký, aby mohly spory rychle vyklíčit na jiné mouše, a právě v tuto dobu klesají na noc zdravé mouchy z výšek a pohybují se při zemi, kde se stávají snadným cílem. Nakonec houba využije svého hostitele i po smrti. Nakažené mouchy jsou pro samce daleko více přitažlivější a přilétnou se s infikovaným jedincem kopulovat a nakazí se (Krasnoff a kol., 1995).

Kořenohlavec krabí (*Sacculina carcini*)



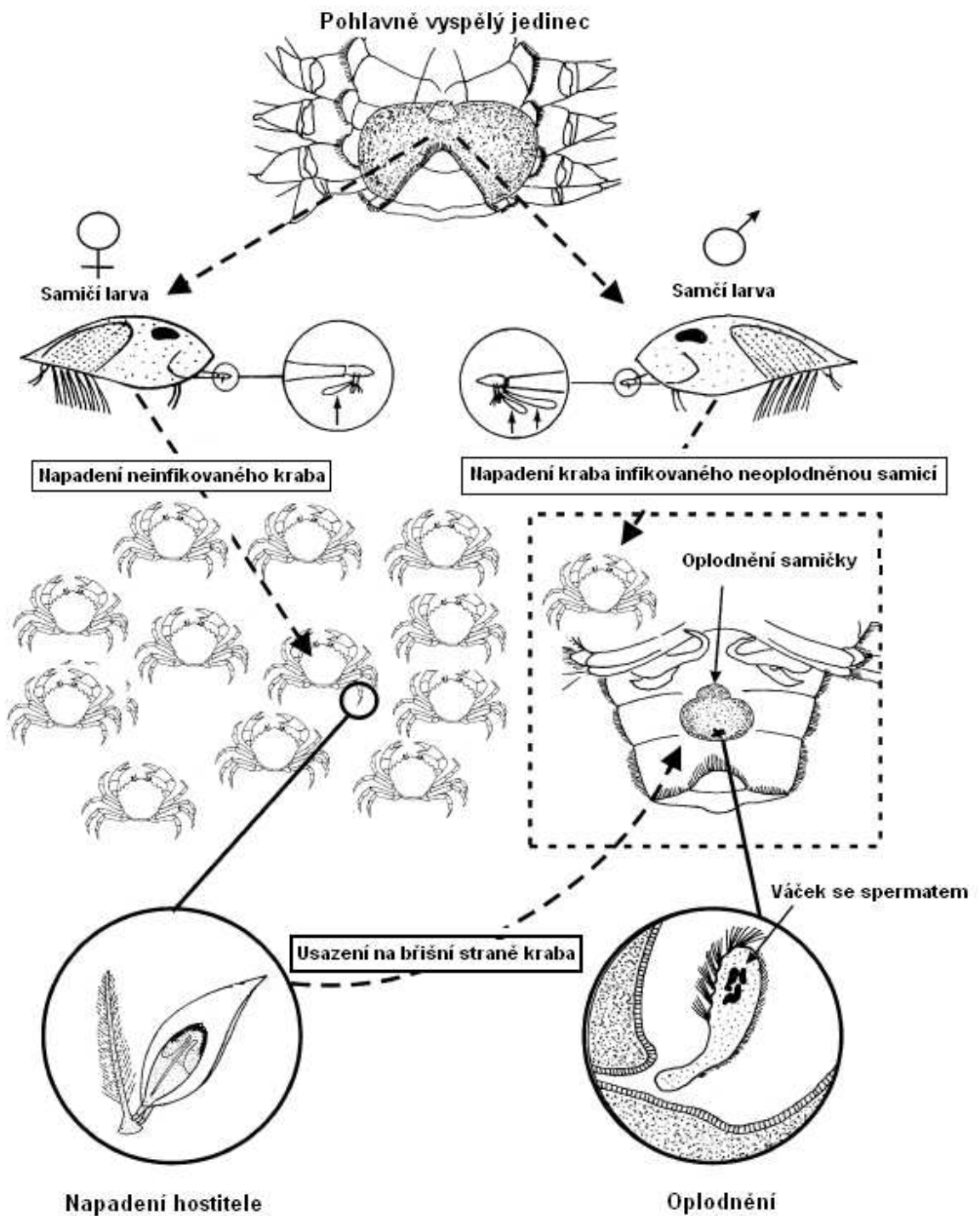
Kořenohlavec krabí na břišní straně kraba

Kořenohlavec krabí patří do třídy svijonožců (*Cirripedia*) a řádu kořenohlavců (*Rhizocephala*). Je to skupina specializovaných korýšů, kteří jsou v dospělosti adaptováni na usedlý a parazitický způsob života. Poté, co dospělec nemůže

změnit místo svého žití, tak úkol najít vhodného hostitele spadá na volně plovoucí larvu, která je známá pod názvem cyprid a je charakteristická pro všechny svijonožce. Larvy kořenohlavců mají oddělená pohlaví, z nichž každá plní samostatné úkoly, se kterými se musejí vypořádat. Samičí cyprisová larva najde vhodného hostitele -kraba a infikuje ho, zatímco samčí cyprisová larva musí najít hostitele infikovaného neoplozenou samicí parazita (Glennner, 2001; Glennner, a kol. 1995; Pasternak, 2005).

Paraziti jako sakulina jsou schopni převzít kontrolu nad svým hostitelem tak, že se vlastně stanou novým mozkem a udělají z něj nového tvora. Hostitel se nakonec stane loutkou a sakulina rukou, která tahá za nitky. Samičí larva napadne kraba jako první (obr. 8). Na nohou má umístěny smyslové orgány, které poznají pach hostitele. Larva za svým hostitelem pluje, dokud se nezachytí na jeho krunýři. Potom leze po končetině kraba, který sebou celým rozčilením třese a snaží se parazita zbavit, ale marně. Larva se mu dostane ke kloubu končetiny, kde se ztvrdlé pláty vnější kostry spojují v měkké štěrbině. Zde začne hledat malé chloupky, které krabovi vyrůstají z končetiny, každý z vlastního otvoru. Do jednoho z těchto otvorů pak zatne něco jako dlouhou dutou dýku a pomocí ní vstříkne do krabího těla kapku

několika buněk. Tato injekce, která trvá jen několik sekund, je určitou formou svlékání, jímž korýši procházejí a jež jim umožňuje růst. V případě samice sakuliny se opuštěným pouzdem stává téměř celé její tělo. Část, která přežívá, už nevypadá jako korýš, ale spíše jako slimák. Tento „slimák“ se ponoří do hlubin kraba, a až přijde jeho čas, usadí se na břišní straně kraba a začne růst. Vytvoří na krunýři malou bulku a zapustí do kraba kořeny. Biologové sice říkají těmto výrůstkům kořeny, ale rozhodně se nejedná o nic podobného, jako jsou kořeny rostlin. Jsou pokryty jemnými masitými výběžky podobným klkům, které lemují naše střeva. Na rozdíl od vnější kostry kraba se tyto kořeny nikdy nesvlékají, jen nasávají živiny z hemolymfy kraba. Krab zůstává po celou dobu naživu a na první pohled je nerozpoznatelný od zdravých jedinců. Jediný problém je, že jeho imunitní systém nedokáže sakulinu přemoci, přesto krab může žít dál s parazitem, který vyplňuje celé jeho tělo a jehož výběžky mu dokonce obrůstají oční stopky (informace převzaty z Zimmer, (2000) a upraveny podle Pasternak a kol., 2005).



Po nějaké době se samice zvětší. Její vnější vrstva se odštípne a odhalí otvor na vrcholu. V tomto stádiu by mohla zůstat do konce života, pokud by nenašla samčí larvu. Ta se zachytí na povrchu kraba a leze po jeho těle, až narazí na samičí otvor, do kterého stejně jako jeho předchůdce vstříkne jen část svého těla - bodlinaté, červenohnědé torpédo dlouhé jen několik stotisícin milimetru – vklouzne do pulzujícího kanálu a ten ji zanese hluboko do těla samičky. Asi za deset hodin se dostane na jeho konec, splyne se samičkou a začne se vytvářet sperma.

Každá samička má tyto vstupní otvory dva a obvykle nese po celý svůj život dva samečky, kteří neustále oplodňují vajíčka, takže v několika týdnech vyprodukuje tisíce larev.

Krab se pomalu, ale jistě začíná měnit v nový druh tvora, ve služebníka parazita. Přestane se svlékat a růst, jelikož by tak plýtval energií, kterou sakulina potřebuje pro svůj růst. Krabi často unikají nepřáteli tak, že upustí klepeto, jelikož jim později doroste. Ti, kteří nesou sakulinu mohou sice klepeto upustit, ale nové jim už nedoroste. Zatímco zdraví krabi dospívají a plodí potomstvo, parazitovaní krabi se stále jen krmí. Přestože je krab vykastrovaný, neztrácí rodičovské pudy. Svou náklonnost věnuje parazitovi. Zdravá samička kraba nese oplodněná vajíčka ve váčku na spodní straně těla, a jak vajíčka zrají, starostlivě o váček pečuje a oškrabává z něj řasy a houby. Když se krabí larvy líhnou a potřebují se dostat z váčku ven, vyleze samička na vystouplý kámen a pohupuje se nahoru a dolů, aby se larvy uvolnily do oceánu. Přitom všem mává klepety, aby se vytvořil větší proud. Sakulina je umístěna na stejném místě, jako bývá váček s vajíčky, atak o ni krab pečuje, jako by to byl jeho vlastní váček. Jak larvy rostou, samice bouli čistí, a když jsou připraveny se líhnout, mohutnými stahy vystřeluje larvy do vody a navíc pomáhá proudění máváním klepet. Sakulina napadá i samečky. Zdraví samečci mají úzký zadeček, ale nakaženým naroste zadeček stejně široký jako samičkám – dost na to, aby se tam vešel váček s vajíčky nebo boule se sakulinou. Sameček se dokonce chová jako samička a stará se o „vaječný váček“ stejně jako samičky (informace převzaty z Zimmer, (2000) a upraveny podle Pasternak a kol., 2005).

1.1.7. **Parazité ovlivňující fenotyp svého hostitele**

Motolice podivná

(Leucochloridium

macrostomum)

Motolice podivná patří mezi motolice vyskytující se u nás, i v jiných evropských zemích jako je například: Norsko, Velká Británie, Francie, Itálie a další, s tím, že je výskyt tohoto ploštěnce úzce



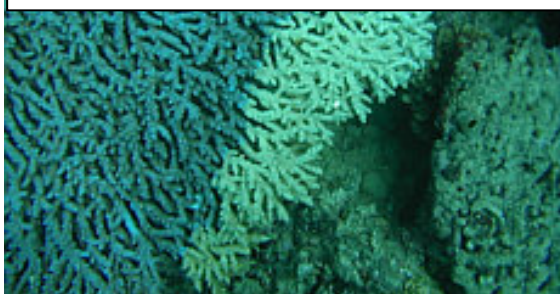
Tykadla plže připomínají definitivním hostitelům jejich oblíbené housenky

vázán na jeho mezipostitele jantarku obecnou (*Succinea putris*). Můžeme ji tedy najít na podmáčených loukách a mokřadech, zkrátka všude kde se vyskytuje i její mezipostitel. Stejně jako ostatní motolice má i tato složitý vývojový cyklus (Machač, 2009).

Jak již bylo řečeno, mezipostitelem motolice je plž jantarka obecná a definitivním hostitelem jsou hmyzožraví ptáci – většinou drozdovití. Přestože mezi hlavní potravu těchto pěvců jantarky nepatří, tak tento parazit umožní, aby si jich určitě všimli. Z vajíček motolic se líhne miracidium, které vyleze na rostliny a čeká na spasení plžem. Z nich se v těle jantarky stanou sporocysty, které lezou do tykadel hostitele. Infikovaná jantarka je na první pohled rozpoznatelná od zdravých jedinců – její oční stopky jsou zduřelé, na povrchu mají zelené nebo hnědé pruhy a rychle pulzují. To je vše dobře vidět přes průhledná tykadla, takže pták si myslí, že je to housenka. V trávicím traktu ptáků žijí dospělé motolice -produkují další vajíčka, která se s trusem dostanou znovu do koloběhu (Machač, 2009; Volf, Horák, 2007).

Podocotyloides stenometra

Podocotyloides stenometra změni nevýrazný korál na přitažlivý, aby přilákal definitivního hostitele



Mořská motolice *Podocotyloides stenometra* začíná svůj život uvnitř škeblí a v další fázi svého života napadá korálové polypy. Odtud se potřebuje dostat do střev korálové ryby, *Chaetodon multicinctus*, jejíž hlavní potravou jsou právě koráli. Při posledním šetření byla zjištěna v oblastech Oahu, Hawaii a Kaneohe Bay 100% prevalence a průměrná intenzita infekce 6,5 červů na 28 ryb *Chaetodon multicinctus* (Aeby, 1992; Aeby, 1998). Hlavním problémem pro parazita je, jakým způsobem přilákat definitivního hostitele. Pro mořskou motolici to není tak jednoduché, jako pro ostatní (Aeby, 1992; Aeby, 1998). Koráli nemohou přilákat pozornost dalšího hostitele. Motolice změni nevýraznou barvu korálu na růžovou, aby byl infikovaný jedinec přitažlivější pro ryby – definitivní hostitele mořské motolice podivným tancem, jako je tomu například u halančíků infikovaných motolicí *Euhaplorchis californiensis*, které si rybožraví ptáci vybírají s třicetkrát větší pravděpodobností (Lafferty, 1992).

Bylo však zjištěno, že způsob nalákání hostitele je stejně účinný jako u ostatních parazitů, a to jednoduchým způsobem. *Podocotyloides* přiměje polypa, aby změnil svou původně neatraktivní hnědou barvu na například výrazně růžovou. Nejen, že svého

mezihostitele přiměje změnit barvu, ale zapříčiní, že jedinec napuchne a vytvoří si na povrchu těla výběžky z uhličitanu vápenatého. Polyp se poté nemůže zatáhnout zpět do vnější kostry a napuchlý tak visí ven ze schránky. Pro korálovou rybu je tak snadným cílem. Dále bylo vypořádováno, že právě infikovaní jedinci jsou pro definitivního hostitele mnohem přitažlivější – v 80% si ryba vybrala právě jedince nakažené motolicí *Podocotyloides*. Proto se také může stát, že ryba za půl hodiny pozře až 340 jedinců motolic (Aeby, 1992; Aeby, 1998).

1.1.8. Parazité ovlivňující reprodukční schopnost svých hostitelů

Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*)



Tasemnice krysí se od ostatních tasemnic liší absencí rostelárních háčků

Tasemnice krysí je rozšířena po celém světě. Dospělí jedinci žijí a páří se v těle svého definitivního hostitele – nejčastěji krysy, kde dorůstají až do 60 centimetrů. Od ostatních tasemnic se liší absencí rostelárních háčků. Vajíčko tasemnice se pomocí krysích výkalů dostane do mezihostitele, potměníka skladištního (*Tribolium confusum*). Jakmile se vajíčko

ocitne v těle brouka, rozpustí se vaječný obal a tasemnice se zachytí v jeho oběhové soustavě a dále se vyvíjí v krátkoocasou larvu. Poté čeká až ji potkan či krysa sežere, aby mohla dokončit svůj životní cyklus (Volf, Horák, 2007).

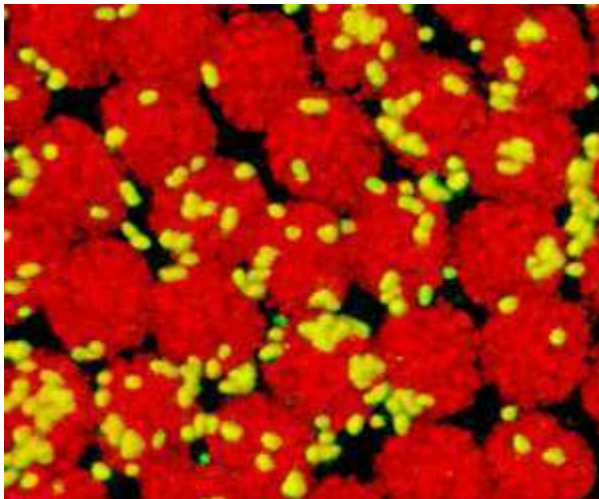
Tasemnice *Hymenolepis diminuta* manipulují svého hostitele ještě předtím, než se do něho dostanou. Již dříve bylo zjištěno, že potměníci skladištní (*Tribolium confusum*) jsou více přitahováni výkaly nakažených potkanů než výkaly zdravých. Výkaly infikovaných potkanů totiž obsahují těkavé látky, které potměníky přitahují (Evans, a kol., 1998).

Dále bylo publikováno, že tasemnice snižují reprodukční schopnost samic brouka. Potemníci skladištní, stejně jako ostatní brouci skladují tuk na zádech jako zásobu energie. Samička z této zásoby později tvoří vaječný žloutek. Pomocí hormonů se část tukové zásoby odloučí a vytvoří žlutkové těleso vitelogenin. Ten putuje tělem samičky do té doby, dokud nenajde vajíčko a přemění se na žloutek. Problém je, že cesta vitelogeninu k vajíčku není vůbec jednoduchá. Aby se vitelogenin k vajíčku dostal, musí se malé štěrby pomocných buněk umístěných na povrchu vajíčka zvětšit. Tomuto procesu napomáhají specifické hormony, které se musejí správně navázat na povrch pomocných buněk a tím zvětšit cestu pro vitelogenin. A právě tasemnice může této složité cestě zabránit hned v několika krocích. Buď začne produkovat látky, které zabrání tvorbě vitelogeninu a jelikož je ho tak málo tak je malá pravděpodobnost, že se k vajíčku vůbec dostane. Druhá možnost je, že zabrání navázání správných hormonů na pomocné buňky a tím znemožní průchod vitelogeninu do vajíčka. Všechny tyto kroky pomohou parazitovi zabránit, aby hostitel spotřebovával energii, kterou sám potřebuje (Webb, Hurd, 1999).

Další studie prokázaly, že infikovaní potemníci se před svými predátory neschovávají, ale právě naopak. Tasemnice vypustí do brouků určité látky, které způsobí, že brouk pomaleji utíká a vystavuje se na nekrytých místech (Webster, a kol., 2000).

Také byla poprvé zdokumentována manipulace, kdy parazit zpomalí a zabrání chemické ochraně mezipostitele. Bylo dokázáno, že žlázy infikovaných jedinců obsahují méně toluquinonu a m-kresolu než žlázy zdravých jedinců. Jakmile se totiž tasemnice do brouka dostane, tyto žlázy mu zablokuje. Potemník je těmito žlázami vybaven z jasného důvodu a to, aby se mohl bránit potkanům. Když potkan brouka chytí do tlamy, může se potemník ještě bránit, a to právě vypuštěním tohoto zápachu, potkan ho poté pustí. A proto je větší pravděpodobnost, že potkan sežere infikovaného jedince, kterému tyto žlázy nefungují (Blankespoor, a kol., 1997).

Wolbachia



Buňky vaječníku octomilky (červeně zbarvené) napadené bakterií *Wolbachia* (žlutě zbarvené)

Wolbachia je rod bakterie děděné po mateřské linii, která žije v reprodukční tkáni mnoha členovců (Werren, 1997). Tato bakterie poutá pozornost mnoha vědců, jelikož dokáže manipulovat rozmnožováním svých hostitelů (Hurst a kol., 1999). Patří mezi gramnegativní bakterie čeledi *Rickettsiaceae*. Některé z nich (červeně zbarvené) infikované bakterií *Wolbachia* (žlutě zbarvené) způsobují závažná onemocnění jako je například skvrnivka, Q-horečka nebo horečka Skalistých hor. Zajímavé jsou také tím, že předpokládáný

předchůdce našich mitochondrií se odvozuje od této skupiny (Lom, 1995).

V roce 1995 bylo popsáno, že *Wolbachia* je schopna zvýšit kompetitivní schopnost spermií u potemníka skladištního (*Tribolium confusum*). Sexuchtivé samičky tohoto brouka se pářily opakovaně s různými samečků, často několikrát denně, a kdykoliv bychom v nich našly „skladované“ spermie různých samečků. Zvláštní bylo, že spermie infikovaných samečků měly zřetelnou výhodu před ostatními – samička brouka je přednostně využívá pro oplození svých vajíček. Soupeření mezi spermii je u členovců již známý jev, ale toto je první případ, kdy je ovlivňováno intracelulární bakterií. Zárodky vzniklé pářením nakažených samců s neinfikovanými samicemi zaniknou. V populaci pak mají lepší příležitost k uplatnění potomci infikovaných samic. Linie samic, u kterých se vyvine odolnost vůči této bakterii, jsou tak odsouzeny k vymření. Infikované samičky jsou sice zvýhodněny, ale jejich infekce je poškozuje a redukuje jejich plodnost (Wade, Chang, 1995).

Například *Wolbachia pipientis* je nitrobuněčný parazit, nacházející se převážně v tkáni gonád komárů, jak druhové jméno naznačuje. Není známo, že by se přenášel z jednoho hostitele na druhého, tedy horizontálně, ale ví se, že se šíří přenosem na potomstvo v mateřské linii. Když se nakažený sameček spáří s nenakaženou samičkou (stejně jako u potemníků), nevznikne životaschopné potomstvo, jelikož při spájení spermie s vajíčkem dojde k abortivní karyogamii – neúspěšnému splývání jader gamet. Toto neúspěšné páření šíření wolbachie neomezí, ale právě naopak – šíří se jen cytoplazmou vajíčka. Omezení potomstva neinfikovaných samic dává lepší příležitost potomstvu infikovaných

samiček, což má velký význam ve smíšené populaci infikovaných a neinfikovaných samiček, kde je těch infikovaných méně (O'Neil, 1995).

Wolbachia manipuluje s reprodukčním potenciálem i jinak. Některým cizopasným vosičkám je schopna navodit partenogenezi (způsob pohlavního rozmnožování, při kterém se nový organismus vyvine z neoplozeného vajíčka). Infikované samičky nakladou neoplozená vajíčka, ze kterých se později vyvinou funkční, infikované samičky a jejich populace se tak může dále reprodukovat. Další zajímavou schopností wolbachie je změna pohlaví u korýšek stejnonožců (*Isopoda*). Infikovaná embrya, ze kterých by se podle genetické výbavy měli vyvinout samci, dospějí ve funkční infikované samičky, což znovu umožňuje vertikální přenos wolbachie (Lom, 1995).

Tým australských biologů vedených viroložkou Karyn Johnson nedávno zjistil, že *Wolbachia* chrání mušky octomilky před virovou nákazou. Při testech vnímavosti mušek k virózám bylo dokázáno, že právě linie nakažená touto bakterií byla nejodolnější. Na samotných muškách se specifické manipulační schopnosti wolbachie neprojevují, ale jelikož *Wolbachia* prodlouží život infikovaným jedincům až o několik týdnů, mušky mohou zplodit další potomstvo, které je samozřejmě nakažené bakteriemi. Zatím nebylo prokázáno, že by *Wolbachia* „uzdravovala“ i jiné bezobratlé, ale pokud ano, mohla by výrazně pomoci v boji proti přenašečům hmyzích chorob (Hedges, a kol., 2008).

1.1.9. **Parazité zvyšující pravděpodobnost predace svého hostitele**



Dospělci motolice kopinaté získané ze žlučovodů ovcí

Motilice kopinatá

Motilice kopinatá je 6-10 mm dlouhá motolice, parazitující v játrech domestikovaných i volně žijících přežvýkavců. Vajíčka, která jsou vyprodukována dospělci motolic, odcházejí se žlučí do střeva a dále do vnějšího prostředí. Vajíčka

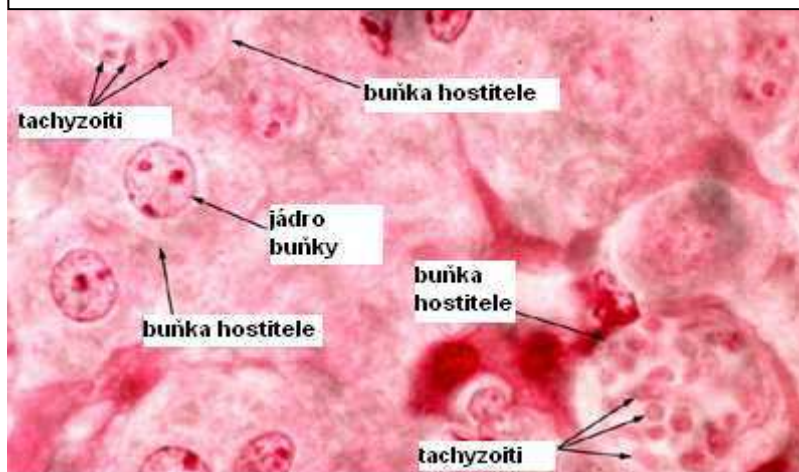
s vyvinutými larvami (miracidium) jsou pozřena 1. mezihostitelem, kterým jsou nejčastěji suchozemští plži rodu lačník (*Zebrina*) a suchomilka (*Helicella*). Ve střevě plžů se miracidia uvolní z vaječných obalů a migrují do hepatopankreatu plže, kde prodělávají další vývoj. Postupně přes stádia sporocysta, redie a dceřiná redie vznikají cercarie, které jsou vylučovány slizem plže do vnějšího prostředí. 2. mezihostitelem jsou mravenci rodu *Formica*, kteří se tímto slizem živí a právě tímto způsobem se nakazí. Cercarie pronikají dále do tělní dutiny mravence ancystují v infekční stádium – metacerkarii. Definitivní hostitel se nakazí při pastvě, kdy spolu s trávou pozře i infikovaného mravence (Drisdelle, 2007).

Klasickým učebnicovým příkladem manipulace hostitele parazitem je právě motolice kopinatá. Infikovaný mravenec, který je jedním z mezihostitelů této motolice, se zakousne do špičky stébla a čeká na pozření ovci, definitivním hostitelem (Roming a kol., 1980). Poté, co je mravenec nakažen, pouze jedna cercarie („brainworm“) putuje do hlavového ganglia mravence a mění chování hostitele, ostatní zůstávají v hemocélu a vytvářejí cysty (Poulin a kol., 2005; Wilson, 1977).

Jakmile se k večeru začne ochlazovat, mravenec se zatouží vzdálit od ostatních a láká ho to nahoru na vrcholky stonků trávy. Jediným důvodem proč toto woo-doo s hostitelem dělá, je dostat se do definitivního hostitele. Jelikož je mravenec zakousnutý na vrcholku trávy, je velice pravděpodobné, že ho pozře ovce nebo jiný býložravec. Motolice velice dobře sleduje čas, stejně dobře jako například hmyzomorka muší. Čeká-li mravenec celou noc a nic ho nespase, motolice mu umožní, aby za slunného rána povolil sevření kusadel. Mravenec pak běží zpět na zem a po celý den se chová jako normální hmyz. Pokud by totiž mravenec zůstal za slunného dne na vrcholku trávy, zemřel by a s ním i parazit. Jakmile přijde další večer, motolice pošle mravence na druhý pokus zpět na list trávy (Roberts, Janovy, 2000). Když je mravenec spasen ovci, brainworm umírá spolu s hostitelem, zatímco ostatní cercarie putují do definitivního hostitele (Wickler, 1976).

***Toxoplasma gondii* v jaterních buňkách hostitele:**

trachyzoit je vegetativní stádium *T. gondii*, které se rychle množí a může napadnout kteroukoliv buňku hostitele, kromě červených krvinek



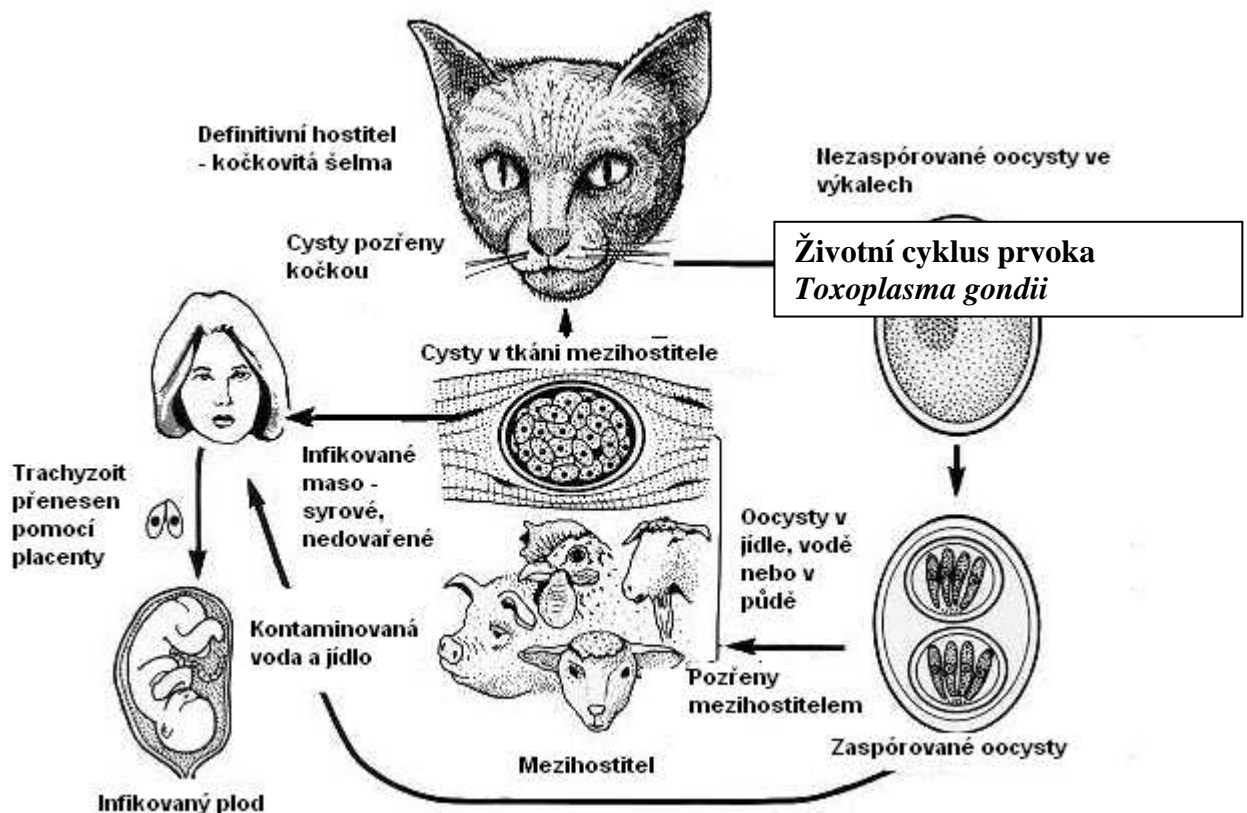
Toxoplasma gondii

T. gondii má složitý životní cyklus, ve kterém jsou kočkovité šelmy definitivními hostiteli a jedinými známými savci, jejichž výkaly mohou

obsahovat oocysty *T. gondii* (Hutchinson a kol., 1969). Když jsou oocysty pozřeny jiným savcem například hlodavci (mezihostitelem), malé, tenkostěnné cysty se shlukují v různých tkáních, převážně v mozku. Tyto cysty zůstávají životaschopné po celý život hostitele (Remington & Krahenbuhl, 1982). Kočkovitá šelma se tudíž může nakazit těmito dvěma cestami: buď může přímo pozřít oocystu z přírody od jiné kočkovité šelmy, nebo může pozřít cystu v nakaženém mezihostiteli (Hutchinson a kol., 1969).

Vztah hostitel (potkan *Rattus norvegicus* – parazit *Toxoplasma gondii*) je výborným modelem pro prozkoumání mnoha otázek. *T. gondii* je vnitrobuněčný parazit (Beverley, 1976) schopný nakazit všechny savce. Nemoc, kterou *T. gondii* způsobuje, se nazývá toxoplasmóza. Tato nemoc je významná ekonomicky, veterinárně i medicínsky (Luft & Remington, 1986; Schmidt & Roberts, 1989) a zasloužila se o znovuobjevený zájem oslabující reaktivaci u pacientů s AIDS i dalších imunopresivních onemocnění (Luft & Remington, 1986).

Na univerzitě Oxfordu vědci studovali několik let vliv toxoplazmy na chování potkanů. Postavili venkovní ohradu a v ní bludiště z chodbiček a místnůstek z cihel. Do každého rohu ohrady umístili krabici s hnízdem, miskou jídla a miskou vody. Každé hnízdo pokapali určitým pachem – na jedno pach čerstvé podestýlky, na druhé podestýlky z krysího hnízda, na další pach králičí moči a na poslední pach moči kočičí. Zdravé krysy vpuštěné do ohrady prohledávaly okolí a prozkoumávaly hnízda, jakmile narazily na pach kočky, rychle utekly a do tohoto rohu se už nevrátily. Kočičí pach způsobí náhlou změnu v chemii potkaních mozků a vyvolá silný pocit úzkosti. Záchvat úzkosti potkanům způsobí, že se pachu leknou a odradí



je od dalšího zkoumání. Poté do výběhu pustili jedince nakažené toxoplazmou, které se na první pohled od zdravých nijak neliší – v konkurenci o pohlavní partnery ob stojí stejně dobře a nemají ani žádné potíže s obstaráváním potravy. Liší se jen v jedné věci. S větší pravděpodobností se stanou kořistí kočky. Kočičí pach je nijak nevykálá, chovají se, jakoby se nic nedělo. Pohybovaly se v místech s kočičím pachem stejně často jako v místech s jinými pachy, někdy se do těchto míst naopak vracely. Tím, že toxoplazma změnil chování potkanů, patrně zvýší svou šanci dostat se do kočky (Bedroy a kol., 2000).

O druhu *Toxoplasma gondii* je známo, že dokáže ovlivnit i chování lidského hostitele tak, aby zvýšil pravděpodobnost svého přenosu na dalšího hostitele (Flegr, Havlíček, 1999a). Například bylo prokázáno, že ženy nakažené toxoplasmózou mají jiný osobnostní profil než ženy nenakažené. Ženy, které jsou nakažené, mají vyšší inteligenci, jsou více náchylné k pocitu viny (jsou více znepokojené, sebekritické a nejisté), vnitřně napjaté a radikální (Flegr, Havlíček, 1999b).

Nejnovější výsledky z Přírodovědecké fakulty UK ukázaly, že *Toxoplasma gondii* manipuluje i s pohlavním indexem člověka a určuje, zda se ženě narodí chlapeček nebo holčička (Kaňková a kol., 2007). Termínem pohlavní index rozumíme poměr narozených samců a samic v potomstvu. Primární pohlavní index je poměr samčích a samičích zygot po oplození a sekundární pohlavní index je poměr narozených samců a samic. Tedy u lidí je sekundární pohlavní index poměr narozených dětí mužského pohlaví k narozeným dětem ženského pohlaví. Celosvětový průměr udává 1,06 – což je na 106 narozených chlapců 100 narozených dívek. Na první pohled se zdá, že primární a tím i sekundární pohlavní index ovlivňují hlavně muži. Poměr spermií X a Y v ejakulátu je u každého muže jiný. Studie dokazují, že muži plodící více dcer mají v ejakulátu více spermií nesoucí chromozóm X. Pohlavní index může být také ovlivněn hladinou hormonů v krvi obou rodičů, a to hlavně gonadotropního hormonu a testosteronu. Ženy i muži s vysokou hladinou těchto hormonů v krvi mění pohlavní index svých dětí a sice plodí více synů. Výsledky studií Přírodovědecké fakulty prokázaly, že ženy s latentní toxoplasmózou plodí o něco více synů a mají vyšší sekundární pohlavní index (1,55) než ženy, které s toxoplazmou nepřišly do styku (1,11). Sekundární pohlavní index stoupá v závislosti na rostoucích hladinách protilátek, a proto je tedy nutné uvést hodnoty sekundárního pohlavního indexu větší než 2,6 u žen s vysokými titry protilátek – ty, u kterých přešla akutní toxoplasmóza do latentní fáze nedávno. Což znamená, že se těmto ženám dvakrát častěji rodili chlapci než dívky. Velmi podobné výsledky byly pozorovány i u pokusně nakažených laboratorních myší, samičkám se brzy po nakažení

rodilo více mlád'at samčího pohlaví, ale po čase tento jev vymizel. Také sekundární pohlavní index byl u matek s negativním nálezem toxoplazmy vyšší než v běžné populaci (viz obr. 13).

Otázkou je, proč toto všechno *Toxoplasma gondii* dělá a co z toho má. Jak už víme, paraziti manipulují chováním svého hostitele a tím zvyšují pravděpodobnost svého přenosu do definitivního hostitele. K efektivnosti přenosu může přispívat právě i posun pohlavního indexu. Například u hlodavců, kteří jsou hlavní a snadnou kořistí pro kočkovitou šelmu, je výskyt toxoplasmózy vysoký a přenos ze samice na plod běžný. Je možné, že nakažené samice plodí více samců, protože právě samci hlodavců migrují na velké vzdálenosti. *Toxoplasma gondii* by se tímto způsobem mohla přenášet přednostně na samce, kteří by ji roznášeli na nová území. Jiné vysvětlení spočívá ve vysoké hladině hormonů. Žena s latentní toxoplasmózou je vzhledem k přítomnosti parazita vystavena určitému druhu stresu, v jehož důsledku ji stoupne hladina steroidních hormonů v krvi, které mohou ovlivňovat sekundární index ve prospěch synů (Kaňková, 2006).

Toxoplasmóza také ovlivňuje průběh těhotenství u lidí. Díky ultrazvuku prováděném u těhotných žen během předpokládaného šestnáctého týdne bylo dokázáno, že právě matky nakažené latentní toxoplasmózou mají ve skutečnosti mladší plod a také delší těhotenství (Flegr a kol., 2005). Předpokládá se, že ženy nakažené toxoplazmou nemají zdaleka tak přesné kontroly kvality embryí. Hostomská a kol. (1957) objevili, že 94 matkám nakažených Toxoplasmou gondii se narodilo 84% dětí s Downovým syndromem. To, že právě ženy nakažené toxoplasmózou rodí často děti s Downovým syndromem může být nejlépe vysvětleno nepřesnou kontrolou kvality embryí (Kaňková a kol., 2007). Nedávno bylo popsáno, že toxoplazma by také mohla zvyšovat riziko rozvinutí schizofrenie. Výzkumníci zjistili, že ze 180 zkoumaných osob, které měly schizofrenii, 7% bylo dříve nakaženo toxoplazmou, než zjistili svoji diagnózu. Lidé vystaveni nákaze toxoplazmou měli o 24% vyšší pravděpodobnost, že se u nich rozvine schizofrenie. Robert Yolken, M. D. z Hopkinsovy dětské nemocnice řekl, že jejich výzkumy odhalily nejsilnější asociaci, kterou kdy viděli, a to mezi infekcí toxoplazmy a následujícím rozvojem schizofrenie (Hopkins, 2008).

1.1.10. Parazité využívající svého hostitele pro obranu potomstva

Lumčík rodu *Glyptapanteles*



Housenka motýla *Thyriniteina leucocerae* brání vajíčka lumčíka ve specifické poloze

Lumčík rodu *Glyptapanteles* patří do druhého největšího hmyzího řádu – blanokřídlí (*Hymenoptera*). Tento jihoamerický druh využívá tělesnou schránku svých hostitelů, která z části slouží jako potrava larvám, a pokud hostitel přežije, zůstane stát jako napůl živý strážcenad snůškou svého „pána“ (Grosman a kol., 2008). Není tedy divu, že rod *Glyptapanteles* (nebo také *Protapanteles*) se umístil na páté příčce seznamu deseti nejpodivnějších živočichů roku 2008 (Otčenášková, 2009).

Za dalšího dokonalého vládce loutek může být považován právě tento druh lumčíka. Tým vědců univerzit v Brazílii a Amsterdamu zjistil, že tento lumčík využívá ke svému rozmnožování housenky motýla *Thyriniteina leucocerae*. Dospělá samička lumčíka naklade do těla housenky několik desítek vajíček. Počet vajíček však musí být takový, aby housenka líhnutí a následné prokousání larev ven z těla přežila. Většina housenek tento proces přežije, bylo prokázáno, že jen 3% hostitelů zemře na přemnožení parazity (Lázňovský, 2008). Po několika dnech, kdy se larvy živí tělními tekutinami housenky, se prokoušou ven. Poté co se larvy dostanou ven z těla housenky, by se na první pohled mohlo zdát, že zde úloha hostitele končí, ale právě naopak. Aby se z larev stali dospělí jedinci, musejí se na dva týdny zakuklit. A právě v této chvíli je řada na housence. Jelikož je toto období pro kukly lumčíků velice nebezpečné, housenka se stane jejich bodyguardem. Když se larvy zakuklí, housenka se přestane hýbat a krmit. Ustrne v obranné poloze – se vztyčenou hlavou – co nejbližší shluku kukel. Pokud by se ke snůšce chtěl predátor jen přiblížit, housenka ji začne bránit údery hlavou. Vědci prokázali, že ke kuklám bráněných housenkou se dostalo jen 35% predátorů. A jelikož parazitovaná housenka odradí predátora v 58% a neparazitovaná jen v 15%, dalo by se tvrdit, že je tato obrana prospěšná pro obě strany. Ne na moc dlouho, protože housenka umírá přibližně ve stejné době, kdy se z kukel vylíhnou dospělí lumčící. Nebylo však jasně

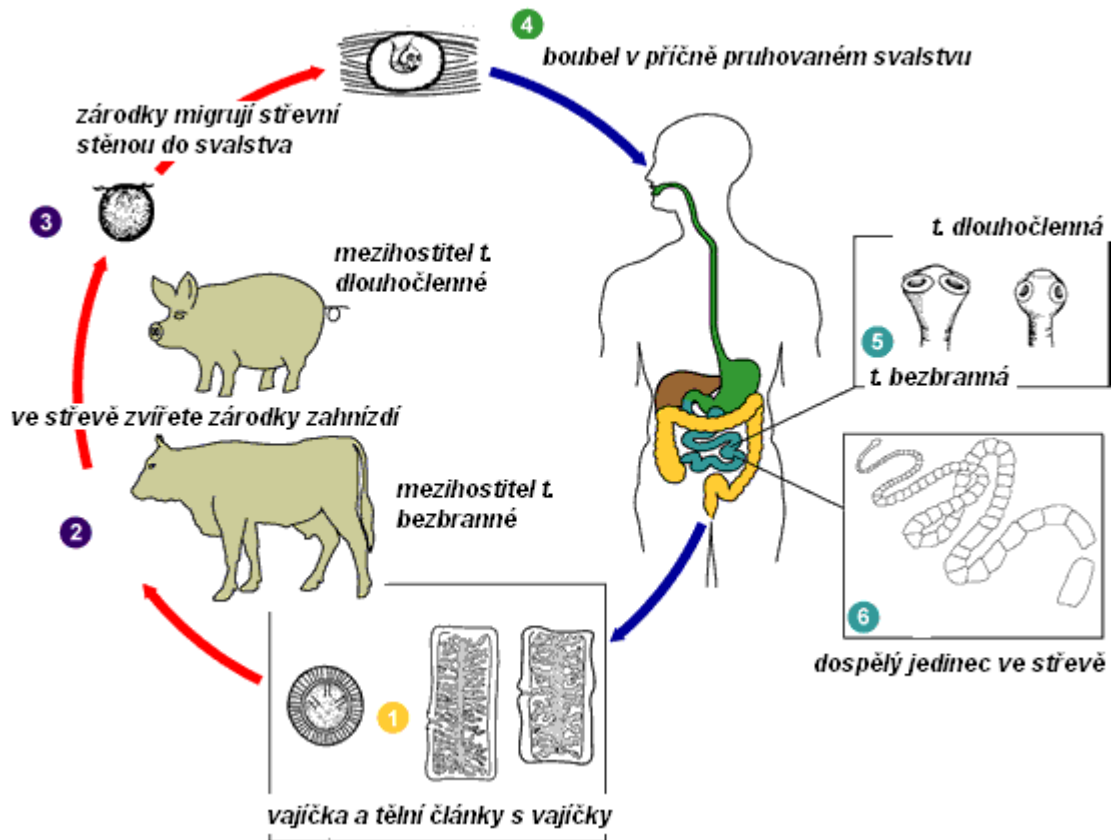
prokázáno, jak lumčici mění chování svého hostitele. Příčinou toho, že se housenka přestane krmit, je zvýšení hladiny juvenilního hormonu, neurotransmiterů (např. oktopamin) a ekdysteroidů těsně před prokousáním larev z těla ven. Není ale jasné, zda tyto látky paraziti vyprodukují v takovém množství, aby změnilly hostitelovo chování. Mezi larvami jsou podle předpokladů určeni takzvaní „housenkovodi“. Alespoň to naznačuje fakt, že i po několika hodinách, kdy už ostatní larvy byly vylíhnuté, jedna nebo dvě larvy zůstaly nevyhlíhnuté v těle housenky. Podobný příklad můžeme pozorovat i u motolice kopinaté, kde se jeden brainworm obětuje pro své sourozence. Vědci však varují, že v případě lumčičků jde zatím jen o hypotézu, kterou je třeba ověřit v laboratoři (Grosman a kol., 2008).

1.2. Test pro studenty gymnázia

1) Zakroužkuj správné odpovědi.

- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| <i>Parazit ...</i> | a. vždy zabije svého hostitele |
| | b. může mít více mezihostitelů |
| | c. vždy škodí svému hostiteli |
| | d. může způsobit různá onemocnění |

2) Pomocí obrázku životního cyklu tasemnice bezbranné a tasemnice dlouhočlenné a také pomocí svých znalostí urči, zda níže uvedená tvrzení jsou pravdivá či nepravdivá.



a. jediným definitivním hostitelem tasemnice bezbranné a tasemnice dlouhočlenné, ve kterém dokončí svůj cyklus, je člověk

ANO

NE

b. oba druhy se vyskytují jen ve střední Evropě

ANO

NE

c. dospělí jedinci se přichytí na stěnu tlustého střeva definitivního hostitele

ANO

NE

d. tasemnice mají vývin přímý

ANO

NE

e. jedním z poznávacích znaků tasemnice dlouhočlenné je hlavička s háčky

ANO

NE

3) Zaškrtni organismy, které parazitují

- | | |
|----------------------|------------------------|
| a. měňavka velká | f. lumčík žlutohý |
| b. komár pisklavý | g. rozlitka hruškovitá |
| c. hromadinka žížalí | i. škulovec široký |
| d. buchanka obecná | j. kokcidie jaterní |
| e. ploštěnka mléčná | k. lamblie střevní |

4) Spoj jedno číslo z levého sloupce k jednomu písmenu z pravého sloupce podle vzájemné souvislosti.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1. tasemnice dlouhočlenná | a. kočka domácí |
| 2. vlasovec mízní | b. prase domácí |
| 3. <i>Toxoplasma gondii</i> | c. trichinelóza |
| 4. svalovec stočený | d. elefantiáza |
| 5. rod zimnička <i>Plasmodium</i> | e. komár rodu <i>Anopheles</i> |

5) Myslíš, že je možné, aby parazit donutil svého hostitele k sebevraždě?

ANO

NE

6) Určitě jste vy, nebo někdo z vaší rodiny měl klíště. Jak jste jej odstranili?

.....
.....
.....

7) Zajímá tě problematika parazitismu? Jaké nové informace by tě zajímaly?

.....
.....
.....

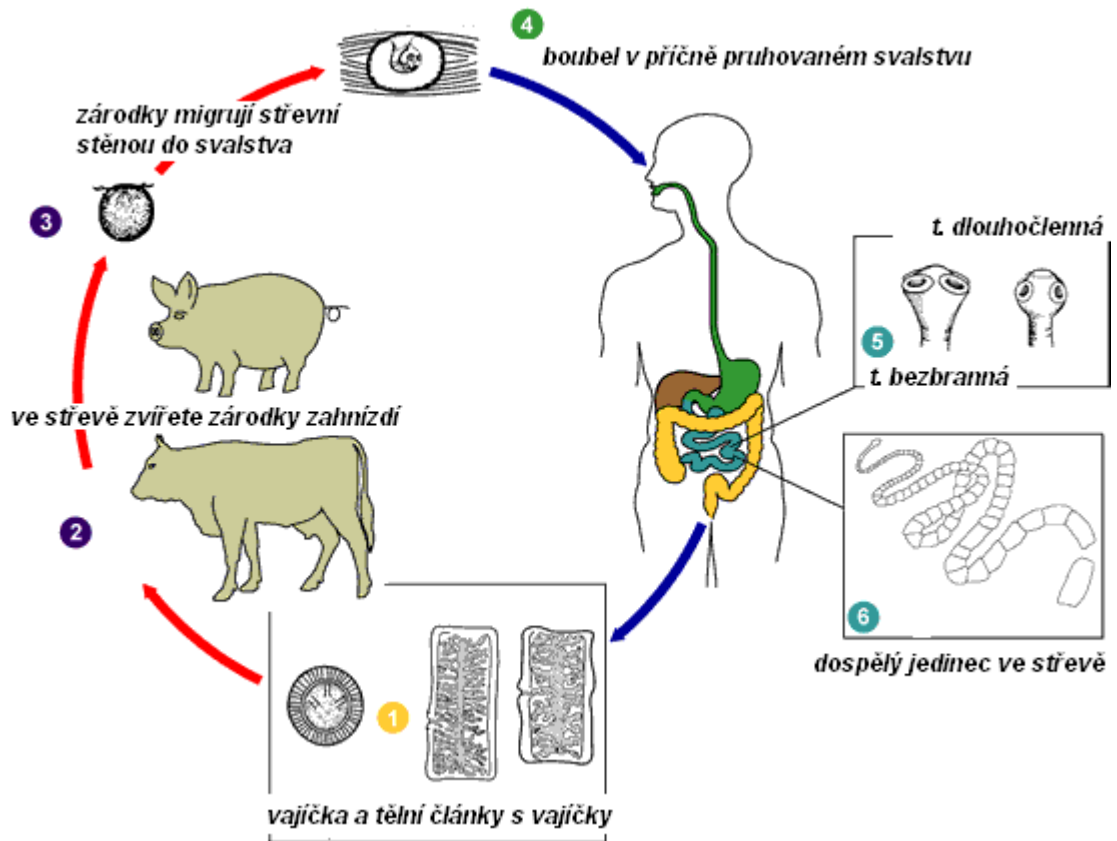
Správné řešení testu

1) Zakroužkuj správné odpovědi.

Parazit ...

- a. vždy zabije svého hostitele
- b. může mít více mezihostitelů**
- c. vždy škodí svému hostiteli**
- d. může způsobit různá onemocnění**

2) Pomocí obrázku životního cyklu tasemnice bezbranné a tasemnice dlouhočlenné a také pomocí svých znalostí urči, zda níže uvedená tvrzení jsou pravdivá či nepravdivá.



- a. jediným definitivním hostitelem tasemnice bezbranné a tasemnice dlouhočlenné, ve kterém dokončí svůj cyklus, je člověk

ANO

NE

b. oba druhy se vyskytují jen ve střední Evropě

ANO NE

c. dospělí jedinci se přichytí na stěnu tlustého střeva definitivního hostitele

ANO NE

d. tasemnice mají vývin přímý

ANO NE

e. jedním z poznávacích znaků tasemnice dlouhočlenné je hlavička s háčky

ANO NE

3) Zaškrtni organismy, kteří parazitují

a. měňavka velká

f. lumčík žlutohý

b. komár pisklavý

g. rozlitka hruškovitá

c. hromadinka žížalí

i. škulovec široký

d. buchanka obecná

j. kokcidie jaterní

e. ploštěnka mléčná

k. lamblie střevní

4) Spoj jedno číslo z levého sloupce k jednomu písmenu z pravého sloupce podle vzájemné souvislosti.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1. tasemnice dlouhočlenná | a. kočka domácí |
| 2. vlasovec mízní | b. prase domácí |
| 3. <i>Toxoplasma gondii</i> | c. trichinelóza |
| 4. svalovec stočený | d. elefantiáza |
| 5. rod zimnička <i>Plasmodium</i> | e. komár rodu <i>Anopheles</i> |

5) Myslíš, že je možné, aby parazit donutil svého hostitele k sebevraždě?

ANO NE

Na tuto otázku studenti odpovídají podle svého názoru. Cílem je zjistit, zda o parazitech slyšeli nebo uvažují i jako o organismech schopných manipulovat svými hostiteli.

6) Určitě jste vy, nebo někdo z vaší rodiny měl klíště. Jak jste jej odstranili?

Cílem této otázky je zjistit, jaké informace se v rodině či ve škole předávají o odstranění klíštěte.

Nejbezpečnějším způsobem odstranění klíštěte je pomocí speciální karty, která pomocí zářezů klíště odstraní bez jakéhokoliv poškození, mačkání, při kterém je nebezpečí, že klíště vyvrhne do rány svá střeva, kterými může dojít k nákaze.

Jedná se o poměrně nový způsob odstranění klíštěte, cílem je tedy také zjistit, zda učitelé své žáky o této možnosti informují.

Většina lidí stále odstraňuje klíště pomocí mastí či olejíčku, čímž se klíště začne dusit a může vyvrhnout svá střeva do rány a mohlo by dojít k přenosu klíšťové encefalidity.

Dalším omylem, který se předává po generace, je na jakou stranu „vytočit“ klíště. Na tom samozřejmě vůbec nezáleží, jelikož hypostom umístěn na hlavové části je pokryto sice háčky, ale nejsou umístěny spirálovitě, směřují nazpět, tedy aby klíště bylo dobře přisáté na svém hostiteli a nebylo jednoduché se svého hostitele pustit.

Nakonec se nesmí zapomenout desinfikovat ránu.

Hlavně je důležité vyhledat lékařskou pomoc, pokud se nám nepodařilo odstranit celé klíště anebo pokud se nám ho nedaří odstranit vůbec.

7) Zajímá tě problematika parazitismu? Jaké nové informace by tě zajímaly?

Díky této otázce zjistím, zdali se téma parazitismu vykládá „atraktivním“ způsobem, který studenty dále motivuje k dalšímu studiu a zájmu.

1.3. Zadání dotazníků pro učitele středních škol

Dotazník: Výuka parazitismu na středních školách

- 1) Z jaké učebnice/učebnic čerpáte informace pro výuku parazitismu? Jste s informacemi o parazitismu spokojen/a?
 - a. nižší ročníky víceletého gymnázia

b. vyšší ročníky víceletého gymnázia

c. čtyřleté gymnázium

2) Využíváte k výuce parazitismu i jiné zdroje informací? Které?

.....
.....
.....

3) V jakém ročníku/ ročnících vyučujete téma parazitismu? V rámci kterých učebních oborů (biologie člověka, biologie rostlin, biologie hub, biologie živočichů, ekologie)?

.....
.....
.....

4) Zaškrtněte témata, která v rámci parazitismu vyučujete.

- a. definice parazitismu
- b. evoluce parazitismu
- c. adaptace parazitů vůči svým hostitelům
- d. adaptace hostitelů vůči svým parazitům
- e. parazitismus jako životní strategie – porovnání s ostatními vztahy mezi organismy (predace, mutualismus)
- f. výskyt parazitů v ČR
- g. manipulační hypotéza, možnost manipulace parazita chováním svého hostitele
- h. v níže uvedené tabulce prosím zaškrtněte v prvním sloupci parazity, které vyučujete a vyžadujete jejich znalost, ve druhém sloupci označte parazity, jejichž podrobný životní cyklus vyučujete (nezáleží, zda se jedná o grafické znázornění či slovní popis)

v tabulce je uveden výčet všech parazitů ze středoškolských učebnic:

BERGER. J., 1997: *Systematická zoologie*. Tobiáš. Brno. 223 s. ISBN 80-85808-44-7

JELÍNEK. J., ZICHÁČEK. V., 1996: *Biologie*. Fin Publishing. Olomouc. 415 s. ISBN 80-86002-01-2

PAPÁČEK. M. et al., *Zoologie*. Scientia. Praha. 285 s. ISBN 80-85827-57-3

ROSYPAL. S. et al., 2003: *Nový přehled biologie*. Scientia. Praha. 797 s. ISBN 80-7183-268-5

ROSYPAL. S. et al., 1998: *Přehled biologie*. Scientia. Praha. 642 s. ISBN 80-7183-110-7

SMRŽ. J. et al., 2004: *Biologie živočichů*. Fortuna. Praha. 207 s. ISBN 80-7168-909-2

ŠLÉGL. J. et al., 2005: *Ekologie*. Fortuna. Praha. 157 s. ISBN 80-7168-28-2

PARAZIT	zástupce	životní cyklus
bičenka poševní		
blecha holubí		
blecha kočičí		
blecha morová		
blecha obecná		
blecha psí		
blecha slepičí		
červci		
červomorka		
červovci		
čmelík kuří		
hád'átko bramborové		
hád'átko octové		
hád'átko pšeničné		
hád'átko řepné		
hmyzomorka bourcová		

hmyzomorka včelí		
hromadinka		
chobotnatka rybí		
kleštík včelí		
klíšťák zhoubný		
klíště obecné		
rod kokcidie		
kokcidie jaterní		
komár pisklavý		
komár útočný		
krevnička močová		
kukačka obecná		
lahvičkovka		
lamblie střevní		
lumčík žlutohý		
lumek velký		
luptouš slepičí		
měchovec lidský		
měchožil zhoubný		
měňavka střevní		
měňavka úplavičná		
mera jabloňová		

molice skleníková		
motolice jaterní		
motolice kopinatá		
moucha tse-tse		
mšicomar		
muchnička		
nádoorovka kapustová		
obaleč jabloňový		
ovád bzučivý		
pancéřník		
pásmovka velká		
pěřovka		
pěřovka holubí		
<i>Phytoseiulus persimilis</i>		
pijavka lékařská		
pilatka švestková		
pisivka bledá		
plíseň bramborová		
plíseň hlavičková		
prašná sněť ječná		
prašná sněť kukuřičná		
prašná sněť ovesná		

prašná sněť pšeničná		
rakovinovec bramborový		
rod krvinkovka		
roup dětský		
roztoč zhoubný		
rybomorka parmová		
rybomorka pstruží		
řemenatka ptačí		
sametka		
sametka podzimní		
strunice		
svalovec stočený		
sviluška		
škrkavka dětská		
škulovec široký		
štěnice domácí		
tasemnice bezbranná		
tasemnice dlouhočlenná		
tasemnice psí		
<i>Toxoplasma gondii</i>		
trudník lidský		
trypanozoma dobytčí		

trypanozoma spavičná		
veš dětská		
veš muňka		
veš šatní		
vlasovec mízní		
vlasovec oční		
vlnatka krvavá		
vlnatka révová		
vlnovník		
vodule r. <i>Hydrachna</i>		
vrtejš veliký		
virtule třešňová		
vřetenatka révová		
všenka		
zákožka svrabová		
rod zimnička		
zimnička čtvrtodenní		
zimnička třetidenní		
rod žlabatka		
žlabatka dubová		
žlabatka listová		
žlabatka růžová		

5) Vyjádření k Příručce parazitismu pro učitele středních škol.

- a. Využil/a byste tuto příručku pro přípravu výuky parazitismu?
- b. Označte tuto Příručku

nejlepší.....nejhorší

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1.3.1. Průvodní dopis pro učitele gymnázií

Dobrý den,

jmenuji se Kateřina Čiháková, studuji 5. rokem obor biologie-chemie na Pedagogické fakultě UK Praha. Chtěla bych Vás moc poprosit o vyplnění níže uvedeného dotazníku ohledně výuky parazitismu na SŠ do mé diplomové práce na téma Výuka parazitismu na základních a středních školách. Dotazníky jsou zcela anonymní, v diplomové práci nebudou uvedeny ani školy, ani vyučující, kterým jsem tyto dotazníky poslala. Vaše odpovědi mi pomohou vytvořit obraz o výuce parazitismu na středních školách.

Vyplněný dotazník mi prosím zašlete zpět na adresu katerinacihakova@email.cz.

Děkuji moc,

hezký zbytek dne,

Kateřina Čiháková

1.4. Dotazník pro studenty - výuka parazitismu

1) Myslíš, že je možné, aby parazit donutil svého hostitele k sebevraždě? (před prezentací)

ANO

NE

2) Líbila se ti prezentace?

ANO

NE

3) Jaký parazit tě nejvíce zaujal? Proč?

tasemnice krysí, *Wolbachia*, hmyzomorka muší, kořenohlavec krabí, lumčík roku *Glyptapanteles sp.*, motolice kopinatá, *Toxoplasma gondii*, motolice podivná, mořská motolice *Podocotyloides stenometra*

.....
.....
.....
.....

4) Jaký parazit tě naopak „neoslovil“? Proč?

.....
.....
.....
.....

**5) Slyšel/a jsi před touto prezentací o možné manipulaci chováním hostitele?
Pokud ano, kde?**

.....
.....
.....