

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



Paraziti myšovitých hlodavců s důrazem na potkany

Bakalářská práce

Autor práce: Michaela Švrčková

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivana Jankovská, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Paraziti myšovitých s důrazem na potkany" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.4.2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za trpělivost, cenné rady a vstřícný přístup při vypracování této bakalářské práce.

Paraziti myšovitých hlodavců s důrazem na potkany

Souhrn

Tato práce je zpracovaná jako literární rešerše na základě nejnovějších vědeckých poznatků. Hlodavci jsou nejúspěšnějším řádem savců. Čeleď myšovitých (Muridae) je s přibližně 730 druhy příliš rozsáhlá pro tuto práci, proto je práce zaměřena na vybrané parazity potkana (*Rattus norvegicus*).

Toxoplasma gondii je jednobuněčný parazit mnoha druhů savců včetně člověka. V minulosti byla infekce u jedinců s dostatečnou imunitou považovaná za latentní, nové studie prokazují, že manipuluje svým hostitelem. Potkan představuje vhodný model pro studium změn chování ovlivněné tímto parazitem. *Cryptosporidium muris* je jednobuněčný parazit potkanů, který může být nebezpečný pro člověka se sníženou imunitou. *Calodium hepaticum* je zoonotická hlístice parazitující kromě potkana, také u mnoha druhů savců včetně člověka. *Angiostrongylus cantonensis* je hlístice parazitující v plicní arterii potkana, u člověka nedokončuje životní cyklus a způsobuje eozinofilní meningoencefalitidu. Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*) a tasemnice dětská (*Hymenolepis nana*) parazitují u potkanů, kteří jsou jejich zdrojem pro možnou nákazu člověka. Potkan může být mezipostitelem tasemnice kočičí (*Taenia taeniaformis*), která vytváří *Cysticercus fasciolaris* v jaterní tkáni, *Taenia crassiceps*, která vytváří *Cysticercus longicollis* ve svalech, podkoží, hrudní a břišní dutině, a měchožila bublinatého (*Echinococcus multilocularis*) vytvářejícího v jaterní tkáni hlodavců a také člověka boubele typu alveokok. V nedávné době byly popsány dva nové druhy parazitů potkana, motolice *Brachylaima mascomai* v roce 2002 a trdník *Demodex ponderosus* v roce 2014. Svrabovka myší (*Notoedres muris*) je roztočem běžně parazitujícím na uších a málo osrstěných partiích potkanů. Blecha morová (*Xenopsylla cheopsis*), parazit volně žijících potkanů, je vektorem a rezervoárem nebezpečných patogenů. Eradikace chorob v chovech se provádí buď zaléčením chovaných jedinců, nebo, v případě masivního zamoření chovu, jeho likvidací. Potkan slouží jako vhodný model působení léčiv na parazity vyskytující se u potkanů i člověka. Potkan je pro člověka zdrojem mnoha zoonóz, např. trichinelózy a kapilariózy, bakteriálních a virových patogenů. Vzhledem k vysoké prevalenci parazitů u potkanů je potřeba zabezpečit lidská obydlí a chovatelská zařízení proti vniknutí těchto hlodavců.

Klíčová slova: potkan, myšovití, parazit, hlodavec, tasemnice

Parasites of Muridae with an emphasis on rats

Summary

This work is written as a literary review based on the most current scientific knowledge. Rodents are the most successful order of mammals. The family of Muridae, with its 730 species is too broad for this work, therefore it is focused on parasites of rat (*Rattus norvegicus*).

Toxoplasma gondii is a unicellular parasite of many species of mammals, including humans. In the past, the infection was considered to be latent in individuals with sufficient immunity, however, new studies prove that it manipulates its host. The rat is a suitable model for studying behavioral changes affected by this parasite. *Cryptosporidium muris* is a unicellular parasite of rats, which can be dangerous for people with reduced immunity. *Calodium hepaticum* is a zoonotic parasitic nematode in rats, but can be also dangerous for many mammals, including humans. *Angiostrongylus cantonensis* is a nematode parasiting in the pulmonary artery of the rat. In humans it does not complete its life cycle and causes eosinophilic meningoencephalitis. Rat tapeworm (*Hymenolepis diminuta*) and dwarf tapeworm (*Hymenolepis nana*) are rat parasites, where rats can be a source for possible infection in humans. The rat may be an intermediate host for cat tapeworm (*Taenia taeniaformis*) which produces *Cysticercus fasciolaris* in liver tissue, *Taenia crassiceps*, which creates *Cysticercus longicollis* in muscle, subcutis, and in thoracic and abdominal cavities, and fox dwarf tapeworm (*Echinococcus multilocularis*) forming in liver of rodents and also chubby man type alveokok. Two new species of rat parasites were recently described, fluke *Brachylaima mascomai* in 2002 and follicle *Demodex ponderosus* in 2014. Ear mange mites (*Notoedres muris*) is mite which commonly parasites on the ears and less hairy parts of rats. Oriental rat flea (*Xenopsylla cheopis*), a wild rat parasite, is a vector and reservoir of dangerous pathogens. Eradication of diseases in animals is carried out either via treatment of affected individuals, or, in case of massive infestation of the group, its liquidation. A rat serves as a suitable model for the effect of drugs on parasites occurring in both rats and humans. The rat is the source of many human agents, for example trichinellosis, capillariasis and bacterial and viral pathogens. Given the high prevalence of parasites in rats it is needed to safeguard the human habitation and breeding equipment against ingress of these rodents.

Keywords: rat, muridae, parasite, rodent, tapeworm

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	7
3 Literární rešerše.....	8
3.1 Prvoci parazitující u myšovitých hlodavců	8
3.2 Helminti parazitující u myšovitých hlodavců	11
3.2.1 Hlístice parazitující u myšovitých hlodavců	11
3.2.2 Tasemnice parazitující u myšovitých hlodavců.....	18
3.2.2.1 Tasemnice parazitující u myšovitých hlodavců v dospělém stádiu.....	18
3.2.2.2 Tasemnice parazitující u myšovitých hlodavců v larválním stádiu.....	20
3.2.3 Motolice parazitující u myšovitých hlodavců	22
3.3 Členovci parazitující u myšovitých hlodavců.....	23
3.3.1 Roztoči parazitující u myšovitých hlodavců	23
3.3.2 Hmyz parazitující u myšovitých hlodavců	27
3.4 Prevence a způsoby eradikace	28
3.5 Přenos na člověka.....	30
3.6 Výskyt parazitů u volně žijících potkanů.....	31
4 Závěr	32
5 Seznam literatury	33
6 Přílohy	41

1 Úvod

Hlodavci (Rodentia) se svými přibližně 2300 druhy, představujícími asi 42 % recentních druhů savců, jsou z evolučního hlediska neúspěšnější skupinou savců. Čeleď myšovití (Muridae) zahrnující okolo 730 druhů je nejpočetnější z 33 čeledí hlodavců. V ČR tuto čeleď a zároveň podčeď pravé myši (Murinae) zastupuje celkem 8 druhů (Anděra a Gaisler, 2012).

Vzhledem k velkému počtu myšovitých není možné se v této práci zabývat parazity všech těchto druhů, proto je práce úzce zaměřena na vybrané parazity potkana (*Rattus norvegicus*).

Potkan je největším zástupcem čeledi myšovitých u nás. Dosahuje délky těla 16-27 cm a hmotnosti 140-500g. Jedná se o běžný synantropní, kosmopolitně rozšířený druh s negativním dopadem v epidemiologii, potravinářském průmyslu a zemědělství (Anděra a Gaisler, 2012). Zároveň je potkan oblíbeným domácím mazlíčkem a významným laboratorním zvířetem.

V současnosti je potkan oblíbeným zvířetem v zájmových chovech, často nahrazující psa, proto je znalost parazitů potkana důležitá jak z hlediska jejich zoonotického potenciálu, tak z hlediska možnosti zavlečení těchto parazitů do domácích chovů.

V této práci nejsou charakterizovány jednotlivé skupiny parazitů, protože tyto informace jsou uvedeny v běžně dostupné literatuře o parazitech. Díky většímu počtu zmíněných druhů parazitů i hostitelů, je jejich souhrnný přehled včetně autora a roku popisu uveden v příloze (tabulky 1. a 2.).

2 Cíl práce

Cílem této práce bylo zpracovat literární rešerši o parazitech myšovitých hlodavců s důrazem na potkany na základě nejnovějších vědeckých studií.

3 Literární rešerše

3.1 Prvoci parazitující u myšovitých hlodavců

Toxoplasma gondii

Toxoplasma gondii je neurotropní parazit savců, které napadá s vysokou prevalencí. Odhaduje se, že celosvětová lidská populace je nakažena přibližně z 25-30 %, přičemž v rozvinutých zemích se tyto hodnoty pohybují okolo 10 % (Robert-Gangneux et Dardé, 2012; Dubey et Jones, 2008). U meziphostitelů se sníženou imunitou je infekce spojena s encefalidou a neurokognitivními důsledky, u imunokompetentních dospělých meziphostitelů dochází k rozvinutí latentní infekce, která byla donedávna považována za bezpříznakovou (Porter et Sande, 1992). Narůstající množství důkazů nyní ukazuje, že latentní infekce *T. gondii* v centrální nervové soustavě (CNS) může být zodpovědná za změny chování i u imunokompetentních savčích meziphostitelů, člověka nevyjímaje (Flegr, 2013). Hlodavci a lidé jsou meziphostiteli *T. gondii* a často se nakazí náhodnou konzumací tkání infikovaných živočichů (v tkáních se nalézají cysty) anebo kontaktem s exkrementy definitivních hostitelů (kočkovitých šelem čeledi Felidae) obsahujícími oocysty parazita. Počátek infekce se vyznačuje přítomností rychle se dělících tachyzoitů, avšak imunitní odpověď hostitele posléze zapříčiní tvorbu cyst ve svalech a nervové tkáni, kde se dělí již jen pomalu coby bradyzoiti a mohou zde přetrvávat po celý zbytek života organismu (Montoya et Liesenfeld, 2004). Dokonce i během latentní infekce CNS mohou cysty *T. gondii* ovlivňovat biochemické pochody v nervových buňkách, jako je syntéza neurotransmiterů a signální transdukce (Prandovszky et al., 2011) stejně tak jako formování synapsí a rozšiřování dendritů (Mitra et al., 2013). Kromě toho parazit vyvolává silnou vrozenou imunitní odpověď včetně TH1 adaptivní imunitní odpovědi v CNS, přičemž dochází k expresi zánětlivých cytokinů zahrnující interferon (IFN)-gama, jež má jak protektivní, tak patologické účinky (Munoz et al., 2011). Ty jsou zásadní pro omezení replikace a šíření parazita, zároveň však tyto zánětlivé reakce mohou způsobit vedlejší poškození neinfikovaných neuronů a mohou dodatečně ovlivnit fungování neurotransmiterů a synaptické transmise (McCusker et Kelley, 2013). Proto ačkoli je latentní infekce obvykle subklinická, jsou cysty *T. gondii* schopny ovlivnit funkce nervového systému jak lehkou, tak závažnou formou (Daniels et al., 2014).

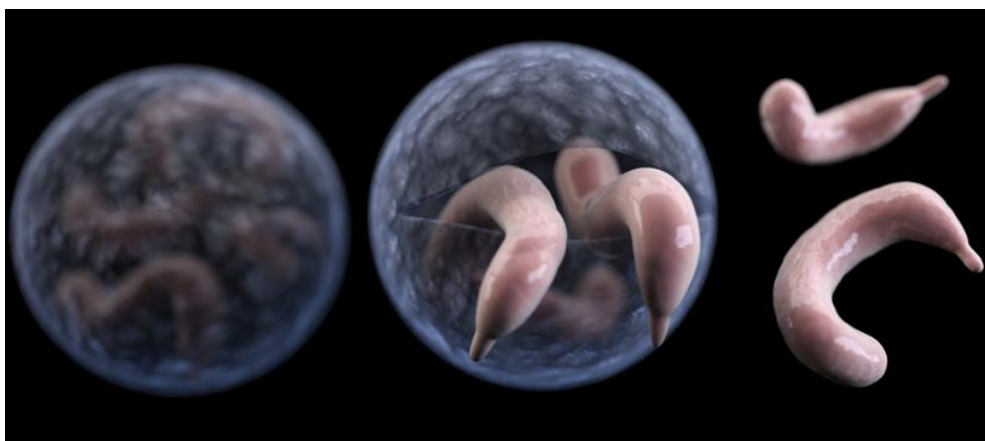
Právě tyto fyziologické účinky jsou pokládány za podstatu mnoha změn v chování chronicky nakažených hlodavců i lidí. Infekce *T. gondii* mnoha způsoby mění chování nakažených hlodavců, čímž je činí náchylnější k predaci kočkovitou šelmou, což umožní vstup parazita do jeho definitivního hostitele. Důkaz této dobře známé „hypotézy behaviorální manipulace“ zahrnuje zvýšenou pohybovou aktivitu a sníženou neofobii jak divokých, tak laboratorních hlodavců (Webster, 1994; Webster et al., 1994). U infikovaných hlodavců byly dále prokázány potlačené vrozené strachové odpovědi, snížené vyhýbavé chování vůči predátorovi a překvapivě také zvýšená přitažlivost kočičích pachů (Vyas et al., 2007). Tyto účinky na CNS se také objevují v interakci s dráhami sexuálního vzrušení a nedávné důkazy naznačují, že neurochemické a behaviorální účinky u hlodavců závisí na pohlaví hostitele, znaku, jež může zvýšit reprodukční fitness hostitele i parazita, usnadňujíc tak sexuální přenos mezi hostiteli (Dass et al., 2011).

Daniels et al. (2014) provedli studii s cílem důkladněji změřit změny v učení a paměti způsobené latentní infekcí u potkanů. Latentní infekce u potkana blíže připomíná latentní infekci u lidí a proto je považována za užitečnější model pro analýzu. Pro studii změn učení a paměti u infikovaných potkanů zvolili Morrisovo vodní bludiště. Zjistili, že zatímco jednoduché prostorové učení bylo zachováno, infikovaní jedinci vykazovali zhoršení proti kontrolám během prób, které vyžadují vybavení si prostorové vzpomínky a postupně se zhoršující výsledky s narůstajícími časovými intervaly před testováním paměti, ale překvapivé zlepšení v úlohách typu reversal („úlohách s převráceným učením“). Navzdory zjevným změnám ve výkonu v paměťových úlohách, nenalezli žádné cysty v hipokampech infikovaných potkanů. Namísto toho byly cysty náhodně rozmístěny skrz naskrz celým mozkem, což naznačuje, že behaviorální změny v této studii jsou způsobeny souhrnnými změnami v neurofyziologii napříč různými anatomickými oblastmi. Došli k závěru, že tato data poskytují nový důkaz, že latentní toxoplazmóza přispívá k neurokognitivním symptomům u savčích hostitelů, a to v širokém měřítku celé CNS.

Cryptosporidium muris

Cryptosporidium (obr. 1) je všudypřítomný parazitický prvek schopný infikovat člověka a širokou škálu dalších živočichů. Kryptosporidióza je onemocnění projevující se obvykle vodnatými průjmy, závažnost příznaků a chronicita záleží na věku a stavu imunitního systému hostitele. K nákaze obvykle dochází požitím oocyst prostřednictvím kontaminované potravy a vody (Xiao et Ryan, 2004). *Cryptosporidium muris* byl první popsáný druh kryptosporidií jako parazit žaludečních žláz myší (Tyzzer, 1907).

Cryptosporidium je jedním z nejčastějších parazitů domácích i divokých zvířat a lidí. Zvýšený zájem o *Crptosporidium* je především ve veterinární oblasti, díky jeho zoonotickému potenciálu, ale také s ohledem na působení ekonomických ztrát u užitkových zvířat (Ramirez et al., 2004).



Obr. 1: *Cryptosporidium* excystace sporozoitů z oocysty

Dostupné z: <<http://www.cdc.gov/parasites/crypto/>>

Imunokompetentní hostitelé obvykle zvládnou infekci bez jakýchkoliv komplikací, zatímco u jedinců s poruchou imunity se může infekce projevovat závažnými symptomy, případně i fatálními následky (O'Donoghue, 1995).

Hasajová et al. (2014) na východním Slovensku vyšetřili celkem 103 dětí, 53 romských a 50 neromských, ve věku od 0 do 14 let. Vzorky exkrementů byly analyzovány prostřednictvím testu ELISA a PCR. Na základě sekvencování PCR byl u těchto dětí identifikován druh kryptosporidií *Cryptosporidium muris* kmen RN66. Z 53 vzorků od romských dětí bylo 6 (11,3 %) pozitivních, všechny infekce byly detekovány u dětí do 5 let. U neromských dětí nebyl pozitivní na kryptosporidie žádný vzorek. Na základě těchto výsledků došli autoři studie k závěru, že u romských dětí je 12krát větší riziko kryptosporidiální infekce, než u dětí neromských.

Chappell et al. (2015) zkoumali infekčnost *C. muris* pro člověka. 6 zdravých dospělých dobrovolníků nakazili 10^5 oocystami *C. muris* a po dobu 6 týdnů u nich sledovali průběh infekce a onemocnění. Všech 6 pacientů se nakazilo. U 2 pacientů se objevil průjem, který sám odezněl. Celkový počet oocyst v průběhu studie byl u pacientů $6,7 \times 10^6$ až $4,1 \times 10^8$, počet oocyst byl mírně vyšší u dobrovolníků s průjmem ($2,8 \times 10^8$), než u bezpříznakových pacientů ($4,4 \times 10^7$). Subjekty infikované *C. muris* vylučovaly oocysty déle, než bylo uváděno v jiných studiích u zdravých dobrovolníků. Tři dobrovolníci byli nakaženi po dobu 7 měsíců. Při fyzickém vyšetření se jeví normální a u žádného nedošlo k opakovanému průjmu ani jiným gastrointestinálním potížím. U dvou dobrovolníků trvale vylučujících oocysty byla infekce залéčená podáním nitazoxanidu. Autoři v této studii prokázali, že dospělí zdraví jedinci jsou vnímaví vůči nákaze *C. muris*, která u nich může vyvolat mírné průjmové onemocnění a vést k asymptomatické perzistentní infekci.

3.2 Helminti parazitující u myšovitých hlodavců

3.2.1 Hlístice parazitující u myšovitých hlodavců

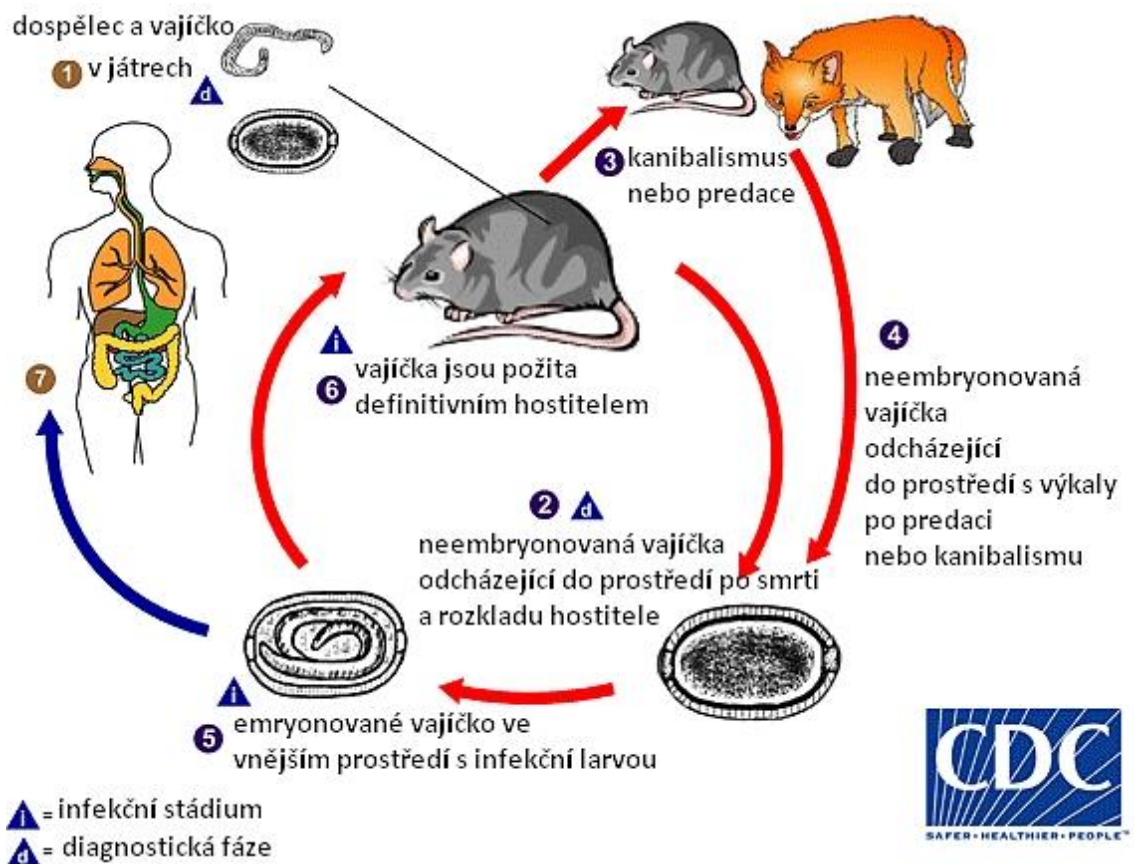
Calodium hepaticum

Calodium hepaticum je hlístice z čeledi Capillaridae (řád Trichocephalida). Moravec (1982) zařazuje *C. hepaticum* do rodu *Calodium*. Nicméně, název *C. hepaticum* je užíván

zřídka a většina vědců používá název *Capillaria hepatica*. Další synonyma jsou *Trichocephalus hepaticus* a *Hepaticola hepatica* (Fuehrer et al., 2011).

Taxonomie čeledi Capillaridae je zpochybňována a nevyřešena (Fuehrer, 2014). V minulosti byla většina druhů zařazena do rodu *Capillaria*. Nedávné molekulární fylogenetické studie odhalily, že čeleď Capillaridae může být jasně oddělena od čeledi Trichuridae. Dřívější rod *Capillaria* se skládá z komplexní skupiny parazitů, včetně několika parazitů šelem a hlodavců rodů *Calodium*, *Eucoleus*, *Capillaria*, *Paracapillaria*, *Pearsonema*, a *Aonchotheca* (Guardone et al., 2013). Fuehrer (2014) uvádí, že tři druhy jsou zoonoticky významné, a to *Paracapillaria philippinensis* (syn. *Capillaria philippinensis*), *Eucoleus aerophila* (syn. *Capillaria aerophila*), *C. hepaticum* (syn. *C. hepatica*).

Životní cyklus (obr. 2) *C. hepaticum* je přímý s vysokou afinitou k jaterní tkáni. Po požití embryonovaného vajíčka, se larva v oblasti střeva vylíhne a napadá játra prostřednictvím portální (vrátnicové) žíly. Dospělí červi parazitují v játrech savčích hostitelů, kde samičky po páření kladou vajíčka do jaterní tkáně. Dospělí červi žijí krátce, u myší 18-60 dní po infekci. Vajíčka se v játrech hostitele vyvíjejí pouze do osmi buněčného stádia. Vajíčka s nevyvinutou larvou se do vnějšího prostředí dostanou pouze po smrti hostitele (rozkladem hostitelského těla; vyloučením s výkaly šelem a všežravců, nebo po kanibalismu). V závislosti na okolních podmínkách (např. vlhkost, teplota) se larva ve vajíčku vyvíjí 5 až 8 týdnů. Laboratorní studie ukázaly, že vajíčka s vyvinutou larvou jsou životaschopné po dobu 25 měsíců (Juncker-Voss et al., 2000). Životní cyklus je uzavřen požitím embryonovaného vajíčka savčím hostitelem. Požití vajíček s nevyvinutou larvou vede k pseudoparazitóze (nepravé infekci), kdy neemryonovaná vajíčka jsou vyloučena s výkaly a vedou pouze k mírným příznakům (Fuehrer et al., 2011).



Obr. 2: Životní cyklus hlístice *Calodium hepaticum*

Upraveno podle: <http://www.cdc.gov/parasites/capillaria/biology_c_hepatica.html>

Hostitelské spektrum nadčeledi Muroidea (a jiných savců) ukazuje na velmi nízkou hostitelskou specifitu hlístice *C. hepaticum*. Známými hostiteli tohoto parazita je více než 90 druhů nejméně 44 rodů nadčeledi Muroidea (podčeledi: pravé myši Murinae, hrabošovité Arvicolinae, Neotominae, křečci praví Cricetinae, křečci američtí Sigmodontinae, pískomilové Gerbillinae, a křečkokrasy Cricetomyinae). Z toho víc než 55 druhů je z podčeledi pravé myši Murinae, včetně potkana (*Rattus norvegicus*), krysy obecné (*Rattus rattus*) a myši domácí (*Mus musculus*). Prevalence nad 50% je dokumentována pravidelně u potkana (*Rattus norvegicus*) a *Rattus tanezumi*, zřídka u myši domácí (*Mus musculus*), myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*), ondatry pižmové (*Ondatra zibethicus*) a norníka rudého (*Myodes glareolus*). Všechny tyto druhy jsou známé jako synantropní druhy (Fuehrer, 2014).

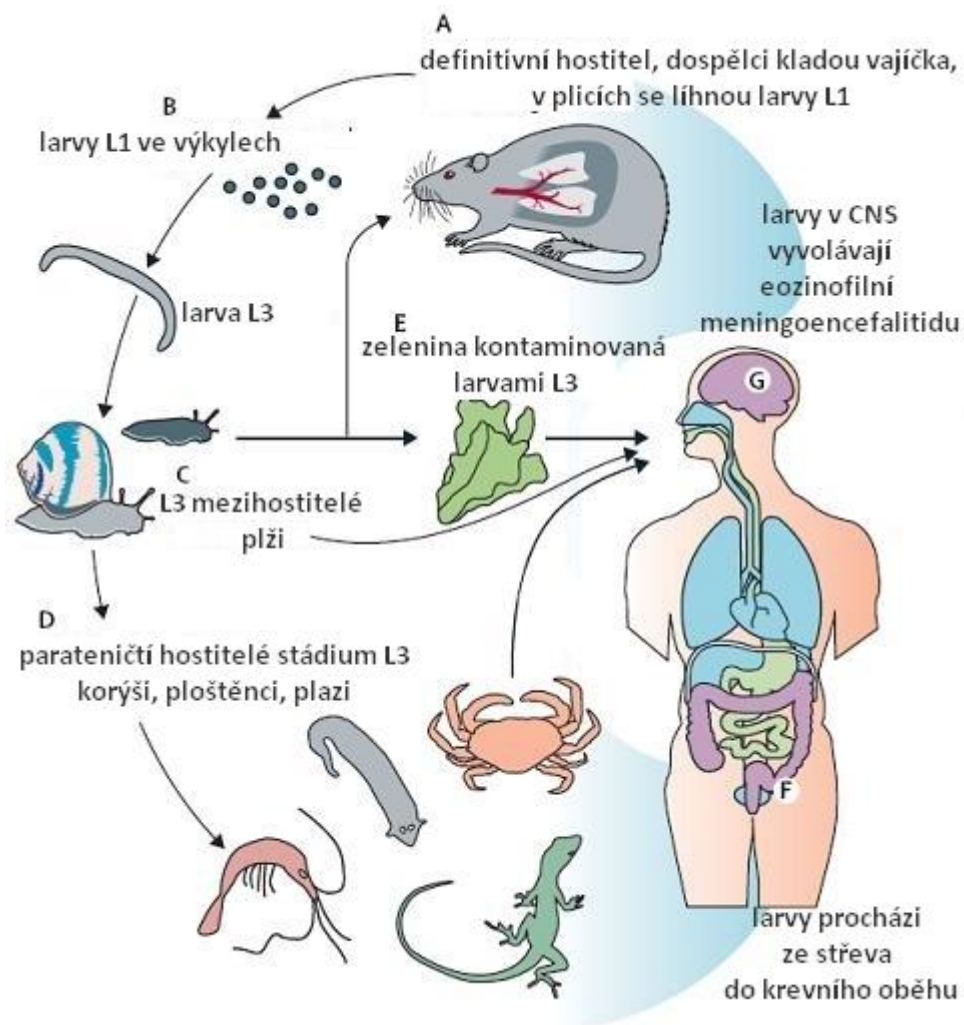
Případy lidské jaterní kapilariózy jsou spojeny se špatnými hygienickými podmínkami a s přítomností hlodavců, např. potkanů (Fuehrer et al., 2011). Davis (1951) uvádí významně nižší prevalenci *C. hepaticum* u snižujících se populací potkanů, než u populací stabilních a rostoucích. Studie prováděna v Michiganu (USA) na křečcích ukázala negativní korelaci prevalence parazita s heterozygotností (heterozí), kdežto účinky hustoty populace zůstaly konstantní (Meagher, 1998). Meagher (1998) vyslovil hypotézu, že imbrední populace jsou k parazitární infestaci vnímavější. Rozdíly prevalence *C. hepaticum* u různých hostitelských druhů hlodavců je vysvětlována jejich odlišnými způsoby života a potravními návyky (Schmidt et al., 1998). Někteří autoři uvádí ohniskový výskyt *C. hepaticum* ve studovaných oblastech (Reperant et Deplazes, 2005; Stojčević et al., 2002). Dále může být důležitým zdrojem uvolňování vajíček do prostředí a významným zdrojem infekce v norách kanibalismus. Na druhé straně predace se zdá být zodpovědná za rozptýlená ohniska infekce (Stojčević et al. 2002). Rozklad je považován za nejméně důležitý zdroj uvolňování vajíček do prostředí. Rozšíření tohoto patogenu je také spojeno s podmínkami prostředí např. vlhkostí a teplotou (Resendes et al., 2009). Patogenita *C. hepaticum* u hostitelů z nadčeledi Muroidea je považována za nízkou, přestože experimentální nákazy potkanů a myši vedly k selhání jater a smrti hostitele, míra přežití hostitele se snížila o 5-10% (Singleton et Chambers, 1996).

Hlístice *C. hepaticum* je celosvětově se vyskytující zoonotická hlístice. Tento parazit byl nalezen u hostitelů z nadčeledi Muroidea ve více než 60 zemích Evropy, Severní, Střední a Jižní Ameriky, Asie, Afriky a Oceánie. Potkan (*R. norvegicus*) je druh hlodavce s nejvyššími prevalencemi na celém světě. V Evropě, Severní a Jižní Americe a Asii některé studie uvádějí prevalenci u potkanů více než 50% (Easterbrook et al., 2007). Synantropní myšovití a hrabošoví se zdají být nejvíce postiženými hostiteli. Nicméně, díky tomu, že diagnóza tohoto patogenu je omezena na biopsii a pitvu jater, zůstává skutečná prevalence u myšovitých i jiných savců nejasná. U nepravých infekcí je potřeba dát pozor na záměnu s morfologicky velmi podobnými vajíčky jiných parazitů rodů *Trichuris* a *Capillaria* (Traversa et al. 2011).

Angiostrongylus cantonensis

Jedná se o malou filariformní hlístici z načeledi *Metastrongyloidea*, kterou poprvé v roce 1935 popsal Chen jako *Pulmonema cantonensis*. V roce 1945 popsali Noura a Lin první případ nákazy u člověka jako *Haemostrongylus ratti* a o rok později byly tyto dva druhy synonymizovány a od té doby jsou známé jako *Angiostrongylus cantonensis* (Bhaibulaya, 1991). Drozd (1970) rozdělil rod *Angiostrongylus* do dvou podrodů, pojmenovaných *Angiostrongylus*, charakterizovaný společným původem paprsků kopulační bursy, a *Parastrongylus*, u kterého vychází paprsky z různých kmenů. Kinsella (1971) vypracoval klíč k určení rodu *Angiostrongylus*, použil následujících parametrů pro klasifikaci jednotlivých druhů: Velikost hřbetního paprsku, délka spikule, relativní velikost ventroventrálních a laterovantrálních paprsků, šíře anterolaterálního paprsku vzhledem k dalším laterálním paprskům, a umístění konečníku a pochvy u samic. Ubelaker (1986) uspořádal angiostrongylidy do pěti rodů: *Angiostrongylus*, *Parastrongylus*, *Angiocaulus*, *Rodentocaulus* a *Gallegostrongylus*.

Pro tuto hlístici je typický její heteroxený cyklus (obr. 3), ve kterém šneci působí jako mezihostitelé a hlodavci krysa obecná (*Rattus rattus*) a potkan (*Rattus norvegicus*) jako definitivní hostitelé. Po pozření infekční larvy hostitelem larvy napadají střevní tkáň a způsobují její zánět, poté putují do jater (Yii, 1976). Nakonec se larvy dostanou do centrální nervové soustavy, následně migrují do plicní tepny, a způsobují významné patologické změny centrálního nervového systému a plic. Po experimentální infekci potkanů a jiných teplokrevných obratlovců, bylo pozorováno, že pouze u rodu *Rattus* dochází k dokončení vývojového cyklu (Walace et Rosen, 1969). Nedávné studie ukazují závažné patologické změny, způsobené larválním vývojem *A. cantonensis* u tolerantních (potkan) a netolerantních (myš) laboratorních zvířat, výsledky ukázaly, že chronická tvorba granulозní tkáně, působená parazitem, může vést k fibroze plicní tkáně (OuYang et al., 2012).



Obr. 3: Životní cyklus hlístice *Angiostrongylus cantonensis*

Upraveno podle: <<http://www.swjpc.com/storage/manuscripts/volume-6/027-13/027-13%20Panel%205.html>>

Hlístice *A. cantonensis* je původcem eozinofilní meningoencefalitidy, zoonotického onemocnění endemicky se vyskytujícího v některých asijských zemích, které se v poslední době rozšiřuje do Afriky, Severní Ameriky a na Karibské ostrovy (Prociv et al., 2000;). U lidí se tato infekce vyskytuje po požití třetího larválního stádia (L3), uloženého na zelenině a ovoci se slizem mezihostitele, obvykle plže, konzumované bez dostatečného omytí. K nákaze larvami vede také konzumace syrových, nebo nedostatečně tepelně upravených mezihostitelů a paratenických hostitelů (Kim et al, 2002). Mezihostiteli je mnoho druhů plžů,

zatímco krevety, krabi, obojživelníci a ploštěnci mohou působit jako parateničtí hostitelé (Slom et Johnson, 2003).

Nejnovější studie tohoto parazita se zaměřují jak na jeho rozšiřující se výskyt, tak na změny v organismu, které by vedly ke snadnější diagnostice.

Garcia et al. (2014) provedli studii, jejímž cílem bylo charakterizovat vývojový profil angiostrongyliózy prostřednictvím hematologických, hemogasometrických (hodnoty krevních plynů) a anatomicko-patologických technik za účelem porozumění patofyziologickým aspektům této zoonózy a lepšímu porozumění vztahu mezi parazitem *A. cantonensis* a jeho definitivním hostitelem potkanem (*R. norvegicus*). Pro svou studii použili 70 samic potkanů, z nich 60 za použití žaludeční sondy nakazili 100 jedinci třetího larválního stádia (L3) a 10 ponechali jako kontrolní skupinu. U všech 70 jedinců vyhodnocovali změny krevních hodnot, krevních plynů, srdečních hodnot a histopatologické změny způsobené tímto parazitem. U potkanů nakažených hlísticí *A. cantonensis* zjistili významné hematologické změny projevující se reverzibilní anemií, trombocytopenií a eozinofilii. Došlo také k histopatologickým změnám na plicích, projevujících se nekrotickými ložisky a rozsáhlými fibrózami plicního parenchýmu. Chikweto et al. (2009) ve studii parazita *A. cantonensis* uvádí také výskyt těžké difúzní granulomatozní pneumonie s vyvíjejícími se larvami a vajíčky.

Moreira et al. (2013) se ve své studii zaměřili na výskyt hlístice *A. cantonensis* v Brazílii. Téměř 10 % z 30 krys obecných (*Rattus rattus*) a 20 potkanů (*Rattus norvegicus*) odchycených ve čtvrtích města Belém brazilského státu Pará, mělo dospělé červy v plicních tepnách. Odchytili také nepůvodní africké suchozemské plže achatina žravá (*Achatina fulica*). Ten byl do Brazílie introdukován v osmdesátých letech minulého století jako alternativa *Helix aspersa* poskytující surovinu (escargot) pro tradiční Francouzskou kuchyni (Teles et al., 1997). Mnoho těchto plžů opustilo farmy a uteklo do volné přírody. Nyní se nacházejí v mnoha státech po celé zemi, včetně amazonské (Manaus) a jihovýchodní (São Paulo) oblasti (Neuhauss et al., 2007). Larvami získanými z těchto plžů Moreira et al. (2013) experimentálně infikovali laboratorní potkany. Po dokončení vývojového cyklu v definitivním hostiteli byly hlístice identifikovány jako *A. cantonensis*. Přirozená infekce plžů a hlodavců hlísticí *A. cantonensis* byla potvrzena prostřednictvím morfologické a morfometrické analýzy dospělců a larev pomocí světelné mikroskopie, rastrovací

elektronové mikroskopie a molekulárního sekvencování části cytochromozidázy podjednotky I. Fylogenetická analýza ukázala, že hlístice *A. cantonensis* izolovaná v Brazílské oblasti Para je shodná s japonskou populací. Výsledky studie Moreiry et al. (2013) ukazují, že výskyt hlístice *A. cantonensis* v severní Brazílii může být důsledkem nedávného rozšíření populace plže achatiny žravé (*A. fulica*).

3.2.2 Tasemnice parazitující u myšovitých hlodavců

3.2.2.1 Tasemnice parazitující u myšovitých hlodavců v dospělém stádiu

Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*)

Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*) je parazit tenkého střeva potkanů s nepřímým životním cyklem, kdy vajíčka této tasemnice musí být pozřena broukem potěmníkem skladištním (*Tribolium confusum*), nebo potěmníkem moučným (*Tenebrio molitor*), mezihostitelem, ve kterém se vyvine infekční stádium cysticerkoid. Nepřímý životní cyklus znamená, že není možná autoinfekce. Skolex dospělé tasemnice nemá háčky ani abrazivní destičky. V laboratořích jsou tyto tasemnice záměrně využívány u potkanů, kteří jsou vůči této tasemnici nevnímaví, vykazují normální chování a neubývají na hmotnosti. Oproti tomu myši jsou netolerantní hostitelé a myší kmeny BALB/c a C57BL/6 vyloučí tuto tasemnici během 9-14 dní po primární infekci, nebo díky vyvinuté imunologické paměti během 2-4dní po sekundární infekci. Zatímco střevo potkana tasemnice krysí chronicky infikuje, myši je ze střeva vyloučí a přesný základ tohoto rozdílu v odezvě u myši a potkanů prozatím není znám (McKay, 2010). Neobjasněná je schopnost tasemnice krysí infikovat člověka, nicméně existuje několik zpráv o infekci děti v rozvojových zemích a oblastech se špatnou hygienou (Watwe et Dardi, 2008).

Haukisalmi et al. (2010) ve studii prováděné na základě molekulární analýzy ribozomální DNA zjistili, že tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*) nalezena po celém světě u více, než 80 druhů hlodavců, parazituje pouze u hlodavců rodu *Rattus*. Morfologicky velmi podobné tasemnice nalezené u rodu *Apodemus* na základě genetických odlišností uvádí jako samostatné druhy, např. *Hymenolepis pseudominuta*, parazitující u myšice východní

(*Apodemus speciosus*) či *Hymenolepis hibernia* nalezené u myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*).

Tasemnice dětska (*Hymenolepis nana*, syn. *Rodentolepis nana*)

Jedná se o kosmopolitně rozšířenou tasemnici. Je 4-8 cm velká a má skolex s rostelárními háčky. Vajíčka jsou definitivním hostitelem vylučována do prostředí s výkaly. Životní cyklus pokračuje v mezihostiteli (brouci, blechy) který pozře vajíčko a v jeho těle se vyvine cysticerkoid. K nákaze definitivního hostitele dochází pozřením mezihostitele. Alternativně však u této tasemnice může proběhnout také cyklus jednohostitelský, což umožňuje snadné šíření parazita mezi definitivními hostiteli (např. v dětských kolektivech). V tomto případě je vývoj v mezihostiteli nahrazen proniknutím onkosféry uvolněné z vajíčka do sliznice střeva, kde se vyvine cysticerkoid. Ten se po uvolnění dále vyvíjí ve střevě v dospělou tasemnici. V takovém případě je definitivní hostitel zároveň mezihostitelem a dá vznik dospělé tasemnici. Člověk poté plní roli mezihostitele i definitivního hostitele (Volf a Horák, 2007).

Macnish et al. (2002) na základě určitých pochybností ohledně hostitelské specifiity tasemnice dětské (*Rodentolepis nana*, syn. *Hymenolepis nana*) popisované jako jeden druh parazitující u lidí i hlodavců. Jindy popisované jako poddruh *R. nana* var. *fraterna* popisována jako morfologicky identická, jako u lidí, parazitující pouze u hlodavců. 51 lidských izolátů *Rodentolepis nana* orálně naočkovali laboratorním myším kmenů Swiss Q, BALB/c, A/J, CBA/CAH, bezsrstým myším kmene BALB/c, laboratorním potkanům kmenů Fischer 344 a Wistar, a SPF (specifických patogenů prostých) křečkům. S 24 lidskými izoláty *R. nana* provedli křížový test u potemníka skladištního (*Tribolium confusum*). Z myší, potkanů ani křečků nezískali žádné dospělé tasemnice, i přesto, že jim byla snížena imunita podáním kortizon acetátu. U potemníka se pouze jeden z 24 vzorků vyvinul v cysticerkoid, nicméně, ani ten se po inokulaci do laboratorní myši nevyvinul do dospělé tasemnice. Autoři této studie se domnívají, že velikost použitého vzorku a technika získání a zpracování vajíček poskytují komplexní zkoušku hypotézy, že lidský kmen *R. nana* v podstatě není infekční pro hlodavce.

3.2.2.2 Tasemnice parazitující u myšovitých hlodavců v larválním stádiu

Tasemnice kočičí (*Taenia taeniaformis*)

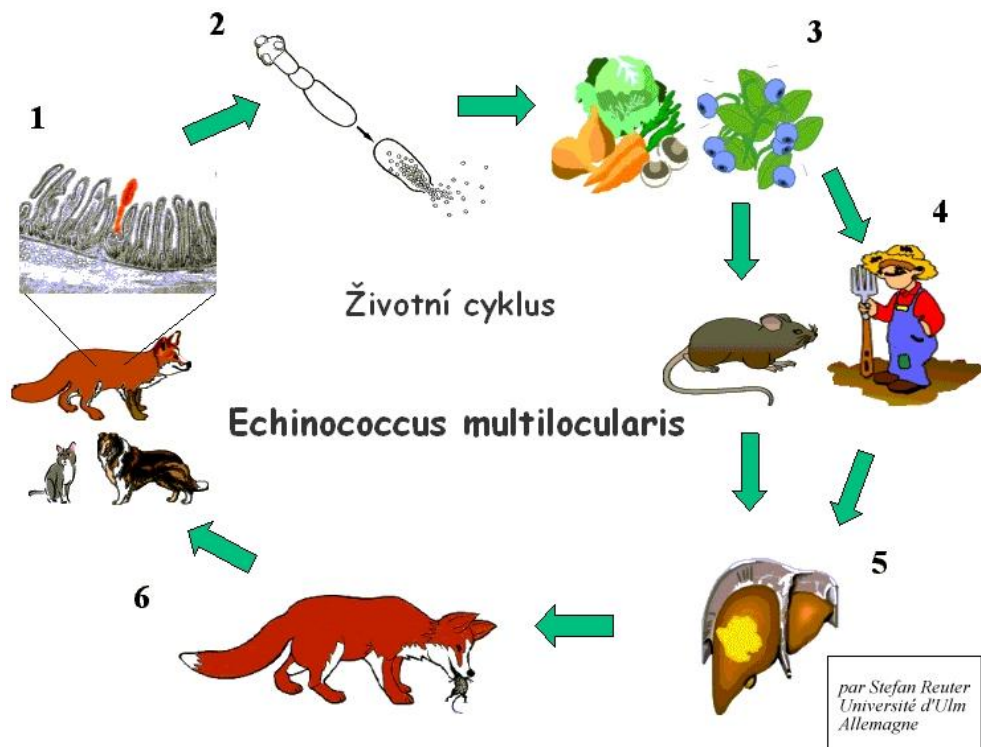
Tasemnice kočičí (*Taenia taeniaformis*) je celosvětově rozšířený parazit kočkovitých šelem. V Evropě byla tato tasemnice zaznamenána u divokých a domácích koček a rysa (Loos-Frank et Zeyhle, 1982). Pfeiffer et al. (1997) uvádějí výskyt tohoto parazita také u lišek a psů. Hlavními mezihostiteli této tasemnice jsou hlodavci podčeledí Murinae a Arvicolinae. Několikamilimetrové žlutobílé cysty (*Cysticercus fasciolaris*) se vyvíjejí jaterní tkáni mezihostitele (Fuehrer, 2012).

Taenia crassiceps

Parazituje u psovitých, kočkovitých a lasicovitých šelem. V Evropě byla zaznamenána u lišek, kun, rysů a psů (Loos-Frank et Zeyhle, 1982). Hlavními mezihostiteli jsou hlodavci podčeledi Murinae a Arvicolinae. Mesocestody této tasemnice označované jako *Cysticercus longicollis* se u mezihostitele tvoří ve svalech, podkoží, břišní a hrudní dutině (Pétavy et al., 2003).

Měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*)

Měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*) je malá tasemnice, dospělí jedinci měří 1,2 až 4,5 cm. Obvyklý počet 5 článků, vakovitá děloha a další morfologické znaky umožňují její odlišení od *E. granulosus* a jiných druhů rodu *Echinococcus*. K přenosu *E. multilocularis* na domácí psy a kočky v sylvatickém cyklu dochází prostřednictvím infikovaných malých savců. V sylvatickém cyklu jsou hlavními definitivními hostiteli liška polární (*Alopex lagopus*) a liška obecná (*Vulpes vulpes*) a mezihostiteli je více než 40 druhů drobných savců, zejména hlodavců (obr. 4). Atypicky se larválním stádiem této tasemnice může nakazit také člověk. Alveokokóza je jednou z nejnebezpečnějších helmintóz lidí, a je smrtelná (Eckert et Deplazes, 2004).



Obr. 4: Životní cyklus měchožil zhoubný *Echinococcus multilocularis*

Upraveno podle: <http://planetarough.info/images/zdravi/lifecycle2_fr.gif>

Jaterní alveolární echinokokóza (AE), která je způsobena metacestody *E. multilocularis* vyvíjející se v játrech jsou často špatně diagnostikovány jako rakovina jater. Zájem Yamashita et al. (2013) vzbudily laboratorní výsledky ukazující nečekaně rychlý pokles titru protilátek v prvním týdnu po chirurgickém zákroku při léčbě AE. Začali hledat vhodný laboratorní model a uveřejnili technický postup infikování jater potkanů metacestodami *E. multilocularis*, které mohou být sledovány metodou MRI (magnetické rezonance). Na játrech provedli 3 mm řez, do kterého transplantovali jeden váček *E. multilocularis* větší než 1 mm a menší než 2 mm a překryli vstřebatelnou gázou. V průběhu 12 týdnů pomocí MRI monitorovali přítomnost a růst transplantovaných váčků. Po 12 týdnech byla pomocí MRI a makroskopického vyšetření potvrzena přítomnost jaterních lézí s metacestodami u 12 ze 17 (70.6 %) infikovaných potkanů. Velikost transplantovaných váčků byla po 12 týdnech 6.1 ± 2.5 mm x 4.4 ± 1.5 mm, nejmenší velikost pro zjištění přítomnosti pomocí MRI byla 3 x 3 mm. Tento nový postup považují za užitečný pro analýzu imuno-patologických změn provázejících jaterní Alveokokózu.

Lidská alveolární echinokokóza je způsobená náhodným požitím vajíček *E. multilocularis*. Je důležité její včasné odhalení, protože jediným postupem pro úplné vyléčení je chirurgická resekce. Yamano et al. (2014) uvádí, že v současné době jsou nedostatečné znalosti o změnách protilátek v počátečních fázích infekce a považují tyto informace za důležité pro včasnou sérodiagnostiku. Proto provedli dlouhodobé sledování protilátek před pozitivní detekcí u potkana, který je přirozeným mezihostitelem této tasemnice. Potkany experimentálně infikovali a analyzovali změny protilátek pomocí ELISA a WB (Western blot) testů. Za hlavní marker pro diagnostiku zvolili 18 kDa antigen, který se ve WB testu objevil v předoperační fázi jako poslední a v pooperační zmizel jako první. Díky tomu považují tento antigen za užitečný indikátor při diagnostice AE, ale díky tomu, že neodhalí nakažené pacienty před objevením tohoto antigenu. Aby nedošlo k chybné diagnostice, doporučují zvážit využití dalších antigenů, např. 26-28 kDa a 7-8 kDa, které se objevují dříve než antigen 18 kDa a tím nabízejí potenciál pro včasné odhalení lidské AE. Výsledky získané při své studii považují za přínosné pro včasnou detekci lidské alveokokózy.

3.2.3 Motolice parazitující u myšovitých hlodavců

Brachylaima mascomai

Motolice *Brachylaima mascomai* (Trematoda: Brachylaimidae) je parazitem potkana (*Rattus norvegicus*) a křysy obecné (*Rattus rattus*). Gracenea et González-Moreno (2002) ve své studii popsali tento nový druh a jeho životní cyklus. Experimentálně využili laboratorní a divoké myši, laboratorní potkany, myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*), myš středozemní (*Mus spretus*) a zlaté pískomily jako definitivní hostitele. Embryonovaná asymetrická vajíčka s víčkem této motolice jsou vylučována s výkaly definitivních hostitelů. Po vyloučení byla vajíčka pozřena plžem pruhovka lesklá (*Pseudotachea splendida*), kterou autoři této studie označují jako přirozeného i experimentálního prvního mezihostitele. Cerkárie s mikroocáskem uložené v rozvětvené sporocystě jsou trávicím traktem tohoto plže vyloučeny do prostředí a kontaktně napadají druhého mezihostitele, plže pruhovka lesklá (*P. splendida*), otala tečkovaná (*Otala punctata*), dunovka proměnlivá (*Theba pisana*)

a hlemýžd' kropenatý (*Cornu aspersum*) a v jejich ledvinách se vyvíjejí v infekční metacerkarie. Definitivní hostitel se nakazí pozřením druhého mezihostitele a dospělé motolice žijí v jejich tenkém střevě.

3.3 Členovci parazitující u myšovitých hlodavců

3.3.1 Roztoči parazitující u myšovitých hlodavců

Demodex

Vedle dobře známé hostitelské a lokální specifity se zdá být charakteristickým rysem evoluce trudníků jejich adaptace na život, potravu, rozmnožování a přenos na odlišné typy mikrostanovišť na konkrétních hostitelských druzích. To vedlo ke speciaci na hostitelské taxony. Společně nalezené druhy trudníků na jednom hostiteli mají odlišnou topografii (odlišný výskyt) na těle hostitele. Známe například druhy žijící ve vlasových folikulech, mazových žlázách, Meibomových žlázách, epidermis, tkáni ústní dutiny a přední části trávicího traktu. Obvykle se na těle hostitele vyskytuje několik druhů roztočů této čeledi obývajících různá mikrostanoviště (Izdebska, 2010). Čtyři druhy trudníků parazitující u potkanů byly popsány již dříve. V nedávné době Izdebska et Rolbiecki (2014) popsali nový druh malého (dospělci měří průměrně 152 μ m), oválného trudníka *Demodex ponderosus*. Tři z těchto druhů *D. rattii*, *D. ratticola* a *D. norvegicus* jsou morfologicky velmi podobné (tělesné proporce, tvar a pohlavní odlišnost opistosomálních orgánů a některé části gnatosoma), nicméně vykazují řadu morfologických odlišností, jako velikost těla a výskyt na těle hostitele. Zdá se, že se jedná o druhy společného původu, jejichž divergence byla podmíněna osídlením jiných stanovišť na těle hostitele. Čtvrtý druh *D. nanus* je menší a morfologicky odlišný od ostatních druhů. Jeho výskyt je uváděn u jiného blízkého příbuzného hostitele - krysy obecné (*Rattus rattus*; Desch, 1987). Je potřeba dodat, že druhy *D. rattii* a *D. ratticola* se nacházejí především v hlavové oblasti potkana, nicméně vykazují odlišné preference při kolonizaci tkání a kožních fragmentů. Druhy *D. nanus* a *D. norvegicus* jsou obvykle lokalizovány v anální a genitální oblasti hostitele, kde vykazují odlišnou preferenci kůže a tkání. Nově popsáný *D. ponderosus* se od předchozích druhů odlišuje jak tělesnými proporcemi, tak lokalizací na těle hostitele. Nachází se na různých koncových málo osrstěných částech těla. Základní pozorování *D. ponderosus* ukazuje na nižší úroveň

napadení, než je tomu v případě ostatních druhů (Izdebska et Rolbiecki, 2014). Hodnoty infestace ostatnímu druhu jsou obvykle vysoké. Prevalence *D. nanus* a *D. ratticola* často dosahuje až 100 % (Izdebska et Rolbiecki, 2012a,b) s vysokým počtem jedinců v kožních fragmentech. V případě *D. penderosus* byli pozorováni pouze jednotlivci nacházející se na různých částech těla hostitele, což je znevýhodňuje při jejich rozšiřování. To by vysvětlovalo fakt, že nebyla nalezena žádná vývojová stádia. Populace trdníků je závislá na mnoha faktorech a kolísá s ohledem na faktory prostředí, např. sezonalitu, podmínky mikroprostředí a fyziologický stav hostitele (Izdebska et Rolbiecki, 2014).

Trdníci nejsou běžným předmětem studia parazitofauny potkana (Izdebska et Rolbiecki 2012a), proto nebyli zahrnuti v předchozích zprávách o parazitofauně potkanů a to ani v těch, které široce popisují jiné skupiny parazitů (Pakdad et al., 2012). Byli popsáni v článcích týkajících se parazitárních onemocnění domácích a laboratorních zvířat. Nicméně to neposkytuje obraz o jejich diverzitě, míře infestace, symptomatologii, zvláště v kontextu s volně žijícími populacemi. Na základě předchozích studií je úroveň zamoření trdníky vyšší, než jinými kožními roztoči. Ve stejné oblasti byl u potkanů výskyt zákožkových roztočů 13.3 % (*Notoedres muris* 10 % a *Trixacarus diversus* 3,3 %; Izdebska et Rolbiecki, 2013). V oblasti Vancouveru (Kanada) byl *N.muris* zaznamenán jen u 2,1 % potkanů (Anholt et al., 2014). Současná pozorování demodikóz naznačují, že i přes vysokou prevalenci s lokálně vysokou intenzitou (až několik set jedinců na centimetru čtverečním kůže), probíhá parazitární onemocnění asymptoticky. Zdá se, že potkani mají vysokou toleranci k demodikóze, stejně jako k přítomnosti helmintů ve střevě a játrech (Claveria et al., 2005). Asymptomatická povaha účinku parazitů na potkany naznačuje dlouhodobé vztahy mezi parazitem a hostitelem. Nicméně skutečnost, že potkan je hostitelem široké škály parazitů s malým negativním dopadem na jeho populační vývoj a zdraví, je znepokojující, protože potkan představuje zdroj parazitů a patogenů pro lidi i domácí zvířata, a poskytuje příhodné podmínky pro přežití, rozmnožování a šíření těchto patogenů.

Svrabovka myší (*Notoedres muris*)

Svrabovka myší (*Notoedres muris*; Astigmata: Sarcoptidae), je parazitický roztoč napadající širokou škálu savců, především hlodavce. Jedná se o roztoče primárně přenášeného přímým kontaktem mezi hostiteli, vrtá do svrchní vrstvy kůže a vyvolává svědivou proliferativní dermatitidu. Nejvíce jsou postiženy řídce osrstěné oblasti ušních boltců, obličeje, nohou a ocasu (Baker 2007). Typické makroskopické léze jsou krusty na uších připomínající bradavice (obr. 5), někdy spojené s deformitami ušních boltců (Lavoipierre 1964). Lavoipierre (1964) uvádí, že napadeni mohou být i laboratorní potkani, ale častěji je ušní svrab nalézán na divokých krysách obecných (*Rattus rattus*) a potkanech (*Rattus norvegicus*), roztoč je rozšířen kosmopolitně a byl nalezen také u hraboše kalifornského (*Microtus californicus*) v San Franciscu.



Obr. 5: *Notoedres Muris* - krusty na ušních boltcích

Dostupné z: < <http://www.wilda.unas.cz/nemoci-kozni.php> >

Anholt et al. (2014) sledovali přítomnost a rozšíření ušního svrabu *N. muris* v oblasti městského centra Vancouveru v Kanadě v průběhu jednoho roku (září 2011 - srpen 2012). Vyšetřili celkem 725 potkanů a krys odchycených v oblasti 43 městských bloků do živolovných pastí a v krytém objektu přístavu do pastí sklapovacích. Každého potkana

podrobili kompletní pitvě. U třinácti, ze 725 odchytených potkanů, diagnostikovali ušní svrab *N. muris* na základě přítomnosti typických makro a mikroskopických lézí a přítomnosti roztočů při histopatologickém vyšetření. Další dva potkany jako pozitivní diagnostikovali na základě přítomnosti makro a mikroskopických lézí i když přítomnost roztočů nebyla histopatologicky prokázána. Makroskopické léze byly charakterizovány proliferativní a strupovitou dermatitidou rozrušující ušní boltec, u těžce postižených potkanů byla zasažena kůže tváře, nohou a ocasu. Mikroskopicky se zasažené oblasti projevovaly epidermální hyperplazií, hyperkeratózou s rohovatějícími puchýřky a mírnou lymfoplasmaticou dermatitidou. Také pozorovali tunelování dospělých jedinců ve vrchní rohovatějící vrstvě kůže a kladení vajíček v jejich brázdě. Přitom byly pozorovány různé stupně deformit boltce, které odpovídají resorpci a remodelaci chrupavky pozorované při makroskopickém vyšetření.

V oblasti přístavu odchytili celkem 43 jedinců, z toho 11 bylo odchyceno vědci a 32 jich bylo odchyceno profesionální firmou do sklapovacích pastí v místech, kam neměli vědci přístup. Napadení roztočem zjistili pouze u krys a potkanů odchytených profesionální firmou v krytém objektu ve vlastnictví přístavu a to u 15 z 32 jedinců (47 %). Statisticky vyhodnotili nejprve skupinu 32 odchytených jedinců. V této skupině bylo 68,4 % samic (19/32) a 71,4 % dospělých jedinců (20/28- pro čtyři potkany nemohla být pohlavní dospělost stanovena). 81 % (26/32) odchytených jedinců byly krysy obecné (*Rattus rattus*), zbytek byli potkani (*Rattus norvegicus*). Průměrná hmotnost byla 106,2g, délka 14,41cm a hodnocení tělesného tuku 0,3.

Mezi jedinci infestovanými svrabovkou *N. muris* (n=15) bylo 40 % samců (6/15), 85,7 % dospělých jedinců (12/14), 86,7 % byly krysy (13/15). Průměrná hmotnost těchto jedinců byla 135,9g, délka 16,3cm a množství tělesného tuku 0,2. Mezi potkany na *N.muris* negativními bylo 41,2 % samců (7/17), 51,7 % dospělých jedinců (8/14) a 76,5 % byly krysy (13/17). Průměrná hmotnost těchto jedinců byla 80g, délka 12,8cm a množství tuku 0,4. Napadení roztoči bylo významně spojeno s pohlavím, pohlavní dospělostí, druhem a množstvím tělesného tuku. U některých srovnání nebyl pozorován rozdíl, což může být důsledkem příliš malého vzorku. Například distribuce dospělých zvířat a tukové skóre

naznačují přímou souvislost s napadením *N.muris*. Těchto 15 jedinců představovalo 2,1 % ze 725 celkově odchytených zkoumaných jedinců.

Autoři této studie vyslovují domněnku, že deformace ušních boltců jsou důsledkem škrábání. Zatímco Lavopierre (1964) uvádí možnost pronikání roztočů *N. muris* do škáry (dermis) a přímé poškozování chrupavky, Anholt et al. (2014) při své studii nepozorovali tyto roztoče mimo svrchní vrstvu pokožky (epidermis). Svrabovka (*Notoedres muris*), spojovaná se zánětem a svěděním, může být důsledkem biologických a behaviorálních změn a energetického zatížení zvířete, jako je tomu u jiných vrtajících roztočů, např. zákožky svrabové (*Sarcoptes scabiei*; Bornstein et al., 2001). Vzhledem k tomu, že se roztoč *N. muris* přenáší přímým kontaktem mezi jedinci (Baker, 2007), dávají Anholt et al. (2014) vyšší míru infestace starších potkanů do souvislosti s větší pravděpodobností kontaktu s ostatními jedinci napadenými tímto parazitem.

Dále se autoři (Anholt et al., 2014) této studie pozastavují nad ohniskovým výskytem napadených jedinců pouze v prostorách přístavu. Vzhledem k tomu, že potkani žijí v malých koloniích v domácích okrcích definovaných dostupností potravy a úkrytů, přítomností překážek v pohybu potkana a sociální tlak jiné kolonie stejného nebo příbuzného druhu, a v případě stabilního prostředí a dostatečných zdrojů potravy je malý pohyb potkanů mezi koloniemi (Feng et Himsworth, 2014), mohou tyto faktory vést k heterogenní distribuci patogenů v malé zeměpisné oblasti (Himsworth et al., 2013). V souvislosti s těmito jevy Anholt et al. (2014) nabízejí možnost, že výskyt infestovaných potkanů pouze v oblasti přístavu je důsledkem importované nákazy.

3.3.2 Hmyz parazitující u myšovitých hlodavců

Blecha morová (*Xenopsyla cheopsis*)

Jedná se o celosvětově rozšířenou blechu primárně parazitující u hlodavců rodu *Rattus* (Brown, 1975). Aktuální studie tohoto druhu jsou zaměřeny především na jejich roli vektora různých bakteriálních onemocnění.

Chareonviriyaphap et al. (2014) svou studii zaměřili na přítomnost patogenů *Rickettsia typhi* a *Orientia tsutsugamushi*. V 10 provinciích Thajska odchytili 257 hlodavců 12 druhů. Z toho 5 druhů rodu *Rattus* představovalo 93 % odchytených jedinců a z nich hlavní druhy byli potkani (*Rattus norvegicus*) a krysa ostrovní (*Rattus exulans*). Všechny blechy získané z těchto hlodavců byly identifikovány jako blecha morová (*X. cheopsis*). U těchto blech byla metodou PCR provedena detekce přítomnosti *Rickettsia typhi* a *Orientia tsutsugamushi*. Zároveň byla u odchytených hlodavců rodu *Rattus* prostřednictvím ELISA testu provedena detekce protilátek proti těmto patogenům. U blech bylo 13 vzorků (2,6 %) pozitivních na *R. typhi*, pro *O. tsutsugamushi* byly všechny vzorky negativní. U hlodavců bylo 61 jedinců (23,7 %) séropozitivních na protilátky proti *R. typhi*, 47 jedinců (18,3 %) pozitivních na *O. tsutsugamushi*. U 20 vzorků séra potkanů (*R. norvegicus*) což představovalo 7,8 %, byly zjištěny protilátky proti oběma patogenům.

Laudisoit et al. (2014) zjišťovali u městských potkanů a jejich blech v Kisangani (Demokratická republika Kongo) prevalenci patogenů *Rickettsia* a *Bartonella*. Potkani (*R. norvegicus*) a krysy obecné (*R. rattus*) byly převážně napadeny blechou morovou (*X. cheopsis*). Celková prevalence *Bartonella* spp. byla 17 % a *Rickettsia typhi* 13 %. Při sekvencování vzorků potkanů a krys obecných byly identifikovány druhy *Bartonella queenslandensis*, *Bartonella elizabethae*, a další 3 genotypy patogenu *Bartonella*. 72 % vzorků blech morových (*X. cheopsis*) bylo pozitivních na patogen *Rickettsia typhi*. Blecha morová je hlavním vektorem a rezervoárem tohoto zoonotického patogenu. U hlodavců byla zjištěna koinfekce oběma patogeny. Autoři zdůrazňují nutnost informovanosti pracovníků ve zdravotnictví o této vysoké prevalenci.

3.4 Prevence a způsoby eradikace

Zajímavé je sledovat snahu o eradikaci přenašeče ve volné přírodě. Na Madagaskar byl v roce 1898 zavlečen mor. Jeho původcem je bakterie *Yersinia pestis* a jako přenašeči této bakterie zde byly identifikovány 2 druhy blech, blecha morová (*Xenopsylla cheopsis*) a blecha *Synopsyllus fonquernii* (Andrianaivoarimanana et al., 2013). Chemické insekticidy k omezení výskytu moru a kontrolu přenašečů, zde byly využívány od roku 1947. Nejprve bylo využíváno DDT, v roce 1956 byl používán organofosfát Malathion. Již v roce 1965 byly

popsány první případy rezistence proti DDT (Coulanges et al., 1982). V roce 1983 pak byla hlášena rezistence blech v terénu vůči Malthionu, Fenitrothionu a Propoxuru (Coulanges et Randrianantoanina, 1984). V devadesátých letech minulého století začal National Plague Control Program (NPCP) na Madagaskaru využívat pro kontrolu výskytu moru pyretroid Deltametrin. Již po 6 letech odhalily testy rezistenci vůči tomuto pyretroidu (Ratovonjato et al., 1998). Vzhledem k tomu, že výskyt moru na Madagaskaru je vysoký, provedli Boyer et al. (2014) studii citlivosti 32 bleších populací vůči insekticidu Deltametrinu. Jejich studie ukázala, že pouze 2 populace blechy morové (*Xenopsylla cheopsis*) byly citlivé vůči Deltametrinu, 4 byly tolerantní a 26 populací bylo rezistentních. Díky těmto údajům doporučují autoři studie přechod na jiný insekticid, než Deltametrin.

Borkovcová (2009) sledovala výskyt parazitů ve 13 produkčních a zájmových chovech hlodavců. Uvádí, že nákazy v chovech, kde je chován jeden druh probíhají jinak, než v chovech s více duhy. Chovatelům doporučuje léčit pouze druh s výraznými projevy onemocnění, nikoliv léčení všech druhů, jak bylo obvykle prováděno, a provádět preventivní zjišťování parazitóz na specializovaných pracovištích, aby případná léčba mohla být zahájena včas. Uvádí, že při zjištění vysoké nákazy je nejvhodnějším řešením likvidace celého chovu. Dále uvádí, že v ČR je vysoké procento chovů zamořených parazity, což má za následek slabé a nekvalitní odchovy myší a potkanů a že pro kvalitní odchovy je nutné dodržování hygienických norem.

Lidé se občas nakazí vrtejší, zejména druhem vrtejš krysí (*Moniliformis moniliformis*). I když bylo použito několik anthelmintik, nikdy nebyla provedena žádná studie, která by vyhodnotila účinnost běžných antihelmintik při kécbě moniliformiózy. Richardson et Brink (2011) proto provedli studii účinnosti pyrantelu, ivermektinu, praziquantelu, niclosamidu, thiabendazolu, a mebendazolu při léčbě samic laboratorních potkanů kmene Wistar, infikovaných vrtejšem krysím (*Moniliformis moniliformis*). Pyrantel a ivermectin se ukázaly neúčinnými. Thiabendazol vykázal při jedné dávce 40 % a při podání dvou dávek 57 % snížení počtu vrtejšů po dvou týdnech. Nejúčinnější byl mebendazol, u kterého po podání dvou dávek došlo ke snížení počtu vrtejšů o 69 % po dvou týdnech. Nicméně, 50 % potkanů během 2 týdnů po podání první dávky zemřelo. Dva z potkanů, ošetřených mebendazolem, kteří přežili, vykazovali známky jaterní dysfunkce. Autoři této studie předpokládají, že vrtejší krysí

mohou metabolizovat mebendazol a vylučovat metabolity, které jsou pro hostitele vysoce toxické. Na základě této studie do provedení dalšího rozsáhlého testování doporučují u lidí jako lék volby thiabendazol .

Gönenç et al. (2006) studovali účinnost selamectinu na roztoče trdníkovec myší (*Myobia musculi*), *Myoceptes musculinus* a trdníkovec mečovitý (*Radfordia ensifera*) a hlístic *Aspiculuris tetraptera* a roup myší (*Syphacia obvelata*) u myší. Myši rozdělili do tří kontrolních skupin po 9 jedincích. Selamectin byl aplikován lokálně na kůži v rozmezí 10 – 12,4 mg/kg. Myši z pokusných i kontrolní skupiny podrobili pitvě 4., 7. a 21. Den od zahájení léčení. Selamectin by 100% účinný 7 den po aplikaci u *M. musculi*, *M. musculinus* a *R. ensifera*, zatímco u *S. obvelata* byla účinnost 21. den 36.7 % a u *A. tetraptera* 49.2 % 21. den.

3.5 Přenos na člověka

Synantropní hlodavci žijící v úzkém vztahu k člověku, hrají významnou roli ve zdravotnictví, životních podmínkách a ekonomice. Je potřeba zdůraznit, že jejich ektoparaziti jsou důležitými přenašeči mikroorganismů a také zdrojem parazitických zoonóz, např. trichinelózy a kapilariózy (Stojcevik et al., 2004).

Bradley et Altizer (2006) uvádí, že vysoká hustota zvířecí populace přizpůsobená městskému prostředí může podporovat přenos parazita na jiné druhy, včetně člověka.

Potkan (*Rattus norvegicus*) je jedním z nejdůležitějších synantropních zvířat, s celosvětovým výskytem v lidských osadách. Je to vysoká přizpůsobivost a oportunistické chování, co dělá potkana velmi úspěšným v městském prostředí a jeho přítomnost může souviset hlavně s neadekvátní likvidací odpadu (Traweger et al., 2006).

Pro program kontroly zdraví je vysoce důležité pochopit ekologii patogenů v městském prostředí a mechanismů formování vztahu hostitel-parazit ve společenství (Bradley et Altizer, 2006).

3.6 Výskyt parazitů u volně žijících potkanů

V minulosti proběhlo mnoho výzkumů parazitofauny potkanů, obvykle s cílem, zhodnotit roli potkana jako zdroje zoonotických parazitů. Z těchto studií bych ráda zmínila alespoň některé.

Hancke et al. (2011) hodnotili výskyt vnitřních parazitů potkanů odchycených v chudinských částech města Buenos Aires. Výsledkem této studie bylo určení celkem 12 druhů helmintů a prvoků, kterými bylo parazitováno celkem 97,5 % odchycených potkanů. Jako zoonoticky nejnebezpečnější uvedli tasemnici dětskou (*Hymenolepis nana*) s 5% prevalencí.

Podobnou studii uskutečnili Milazzo et al. (2010) v italském Palermu. V tomto případě bylo parazitováno celkově 98,7 % potkanů. Ze zoonotických hlístic identifikovali tasemnici dětskou (*Rodentolepis nana*) u 13,29 % jedinců a hlístici *Capillaria hepatica* u 54,55 % jedinců.

Sinniah et al. (2014) zkoumali játra 98 potkanů a krys odchycených v části města Ipoh v Malajsii. Jejich studie byla zaměřena na histopatologické změny způsobené hlísticí *Calodium hepaticum* a larválním stádiem *Cysticercus fasciolaris* tasemice kočičí (*Taenia taeniaformis*) a jejich prevalenci. Pitvou prokázali výskyt těchto parazitů u 64,3 % jedinců, z toho 44,9 % bylo infikováno hlísticí *Calodium hepaticum*, u 39,3 % byl nalezen *Cysticercus fasciolaris*, což znamená, že 20,4 % jedinců bylo infikováno oběma parazity. Autoři této studie uvádějí vysoký výskyt těchto parazitů jako potenciální hrozbu pro člověka.

McGarry et al. (2015) uvádí u 42 potkanů ochycených v anglickém hrabství Merseyside prevalenci hlístice *Calodium hepaticum* 16,6 % a tasemnice dětské (*Rodentolepis nana*) 14,3 %.

Jak vyplývá z těchto studií, celková prevalence parazitů u volně žijících potkanů je velmi vysoká, a ani procento výskytu zoonotických helmintů není zanedbatelné

4 Závěr

Potkan je hostitelem mnoha druhů parazitů a nebylo možné se v této práci zabývat všemi, proto jsou zmíněni jen někteří vybraní paraziti. Z práce vyplývá, že mnoho potkaních parazitů má vysoký zoonotický potenciál a volně žijící potkani ohrožují nejen zdraví člověka, ale mohou být zdrojem různých patogenů i pro domácí zvířata. Celkově vysoká prevalence parazitů u potkanů je velmi významná, i přesto, že studie uvedené v této práci nepřinášejí data z ČR. Za nebezpečné můžeme považovat proniknutí divokých potkanů do zájmových a produkčních chovů potkanů a myší. Proto je nutné dodržovat alespoň základní hygienické podmínky a zabezpečit domácnosti proti vniknutí potkanů do domácností. Za zvláště rizikové můžeme v tomto ohledu považovat soukromé rozmnožovací chovy krmných zvířat, kdy majitelé často odchovávají zvířata v nezajištěných budovách (stodolách apod.) s volným přístupem venkovních hlodavců a tato zvířata pak předávají dalším majitelům.

Dále je potkan vhodným experimentálním modelem pro studium vlivu parazitů na svého hostitele, např. *Toxoplasma gondii* a pro výzkum léčby některých parazitóz, především těch, vyskytujících se jak u potkana, tak u člověka.

Téma této práce bylo pro mne velice zajímavé a o některé poznatky bych se do budoucna ráda podělila s registrovanými chovateli potkanů v zájmovém chovu.

5 Seznam literatury

- Anděra, M., Gaisler, J. 2012. Savci české republiky. Academia. p. 285. ISBN: 978-80-200-2185-4
- Andrianaivoarimanana, V., Kreppel, K., Elissa, N., Duplantier, J. M., Carniel, E., Rajerison, M., Jambou, R. 2013. Understanding the persistence of plague foci in Madagascar. PLoS Negl Trop Dis. 7(11). e2382.
- Anholt, H., Himsworth, Ch., Rothenburger, J., Proctor, H., Patrick, D. M. 2014. Ear Mange Mites (*Notoedres muris*) in Black and Norway Rats (*Rattus rattus* and *Rattus norvegicus*) from Inner-City Vancouver, Canada. Journal of Wildlife Diseases. 50(1). 104-108.
- Baker, D. G. 2007. Parasites of rats and mice, p 359–363 In: Baker, D. G., editor. 2007. Flynn's parasites of laboratory animals. American College of Laboratory Animal Medicine, Blackwell Publishing, p. 801. ISBN 978-0-8138-1202-1
- Bhaibulaya, M. 1991. Snail borne parasitic zoonoses: angiostrongyliasis. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 22. 189-93.
- Boyer, S., Miarinjara, A., Elissa, N. 2014. *Xenopsylla cheopis* (Siphonaptera: Pulicidae) Susceptibility to Deltamethrin in Madagascar. PloS one. 9(11). e111998.
- Borkovcová, M. 2009. Parasitocenoses in productional rodent breeds in Czech Republic. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 57(1). 27-34.
- Bornstein, S., Mörner, T., Samuel, W. M. 2001. *Sarcoptes scabiei* and sarcoptic mange. Parasitic diseases of wild mammals. 107-119.
- Bradley, C. A., Altizer, S. 2007. Urbanization and the ecology of wildlife diseases. Trends in ecology and evolution. 22(2). 95-102.
- Brown, H. W. 1975. Basic Clinical Parasitology. Appleton and Lange, U. S. p. 355. ISBN: 978-0838505502
- Claveria, F. G., Causapin, J., de Guzman, M. A., Toledo, M. G., Salibay, C. (2005). Parasite biodiversity in *Rattus* spp caught in wet markets. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health. 36. 146-148.
- Coulanges, P., Clerc, Y., Randrianantoanina, E. 1982. *X. cheopis* and *S. fonquerniei*, plague-carrying Malagasian fleas—demonstration of their resistance to DDT, dieldrin and malathion. Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar. 49(1). 171
- Coulanges, P., Randrianantoanina, E. 1984 Re'sistance des puces pestige`nes malgaches aux insecticides organochlores, organophosphores et aux carbamates. Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar. 51(1). 253–260.

- Daniels, B. P., Sestito, S. R., Rouse, S. T. 2014. An expanded task battery in the Morris water maze reverses effects of *Toxoplasma gondii* infection on learning and memory in rats. *Parasitology International*. 64. 5-12.
- Desch, C. E. (1987). Redescription of *Demodex nanus* (Acari: Demodicidae) from *Rattus norvegicus* and *R. rattus* (Rodentia). *Journal of medical entomology*. 24(1). 19-23.
- Dass, S. A. H., Vasudevan, A., Dutta, D., Soh, L. J. T., Sapolsky, R. M., Vyas, A. (2011). Protozoan parasite *Toxoplasma gondii* manipulates mate choice in rats by enhancing attractiveness of males. *PLoS One*. 6(11). e27229.
- Davis, D. E. (1951). The relation between the level of population and the prevalence of *Leptospira*, *Salmonella*, and *Capillaria* in Norway rats. *Ecology*. 32(3). 465-468.
- Drozd, J. 1970. Revision of the classification of the genus *Angiostrongylus* Kamensky 1905 (Nematoda: Metastrongyloidea). *Annales de parasitologie humaine et comparee*. 45(5). 597.
- Dubey, J. P., Jones, J. L. (2008). *Toxoplasma gondii* infection in humans and animals in the United States. *International journal for parasitology*. 38(11). 1257-1278.
- Easterbrook, J. D., Kaplan, J. B., Vanasco, N. B., Reeves, W. K., Purcell, R. H., Kosoy, M. Y., Klein, S. L. (2007). A survey of zoonotic pathogens carried by Norway rats in Baltimore, Maryland, USA. *Epidemiology and infection*. 135(07). 1192-1199.
- Eckert, J., Deplazes, P. (2004). Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. *Clinical microbiology reviews*. 17(1). 107-135.
- Feng, A. Y., Himsforth, C. G. (2014). The secret life of the city rat: a review of the ecology of urban Norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*). *Urban ecosystems*. 17(1). 149-162.
- Flegr, J. (2013). How and why *Toxoplasma* makes us crazy. *Trends in parasitology*. 29(4). 156-163.
- Fuehrer, H. P., Igel, P., Auer, H. 2011. *Capillaria hepatica* in man - an overview of hepatic capillariosis and spurious infections. *Parasitology research*. 109(4). 969-979.
- Fuehrer, H. P., Siehs, C., Schneider, R., Auer, H. 2012. Morphometrical analysis of *Taenia taeniaeformis* and *Taenia crassiceps* in the common vole (*Microtus arvalis*) and the water vole (*Arvicola terrestris*) in Vorarlberg, Austria. *Helminthologia*. 49(3). 169-173.
- Fuehrer, H. P. 2014. An overview of the host spectrum and distribution of *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*): part 1 - Muroidea. *Parasitology research*. 113(2). 619-640.

- Garcia, J. S., Bonfim, T. C. D. S., Maldonado, A. Jr., Tunholi, V. M., Tunholi-Alves, V. M., Mota, E. M., Simões, R. D. O., Santana, A. C., Hooper, C., Pinheiro, J., Bóia, M. N. 2014. Hematological and histopathological changes in *Rattus norvegicus* (Wistar) experimentally infected by *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935). *Parasitology International*. 63. 631-637.
- Gönenç, B., Sarimehmetoğlu, H. O., Iça, A., Kozan, E. 2006. Efficacy of selamectin against mites (*Myobia musculi*, *Mycoptes musculinus* and *Radfordia ensifera*) and nematodes (*Aspiculuris tetraptera* and *Syphacia obvelata*) in mice. *Laboratory animals*. 40(2). 210-213.
- Gracenea, M., González-Moreno, O. 2002. Life cycle of *Brachylaima mascomai* n. sp. (Trematoda: Brachylaimidae), a parasite of rats in the Llobregat Delta (Spain). *Journal of Parasitology*. 88(1). 124-133.
- Guardone, L., Deplazes, P., Macchioni, F., Magi, M., Mathis, A. 2013. Ribosomal and mitochondrial DNA analysis of Trichuridae nematodes of carnivores and small mammals. *Veterinary parasitology*. 197(1). 364-369.
- Hancke, D., Navone, G. T., Suarez, O. V. 2011. Endoparasite community of *Rattus norvegicus* captured in a shantytown of Buenos Aires City, Argentina. *Helminthologia*. 48(3). 167-173.
- Hasajová, A., Valenčáková, A., Malčeková, B., Danišová, O., Halán, M., Goldová, M., Halánová, M. 2014. Significantly higher occurrence of *Cryptosporidium* infection in Roma children compared with non-Roma children in Slovakia. *European journal of clinical microbiology and infectious diseases*. 33(8). 1401-1406
- Haukisalmi, V., Hardman, L. M., Foronda, P., Feliu, C., Laakkonen, J., Niemimaa, J., Henttonen, H. 2010. Systematic relationships of hymenolepidid cestodes of rodents and shrews inferred from sequences of 28S ribosomal RNA. *Zoologica Scripta*. 39(6). 631-641.
- Himsworth, C. G., Parsons, K. L., Jardine, C., Patrick, D. M. 2013. Rats, cities, people, and pathogens: a systematic review and narrative synthesis of literature regarding the ecology of rat-associated zoonoses in urban centers. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 13(6). 349-359.
- Chappell, C. L., Okhuysen, P. C., Langer-Curry, R. C., Lupo, P. J., Widmer, G., Tzipori, S. 2015. *Cryptosporidium muris*: infectivity and illness in healthy adult volunteers. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 92(1). 50-55.
- Chareonviriyaphap, T., Leepitakrat, W., Lerdthusnee, K., Chao, C. C., Ching, W. M. 2014. Dual exposure of *Rickettsia typhi* and *Orientia tsutsugamushi* in the field-collected *Rattus* rodents from Thailand. *Journal of Vector Ecology*. 39(1). 182-189.
- Chikweto, A., Bhaiyat, M. I., Macpherson, C. N. L., DeAllie, C., Pinckney, R. D., Richards, C., Sharma, R. N. 2009. Existence of *Angiostrongylus cantonensis* in rats (*Rattus norvegicus*) in Grenada, West Indies. *Veterinary Parasitology*. 162. 160-162.
- Izdebska, J. N. 2010. *Demodex* sp. (Acari, Demodecidae) and Demodecosis in dogs: characteristics, symptoms, occurrence. *Bull Vet Inst Pulawy*. 54(3). 335-338.

- Izdebska, J. N., Rolbiecki, L. 2012a. Demodectic mites of the brown rat *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)(Rodentia, Muridae) with a new finding of *Demodex ratticola* Bukva, 1995 (Acari, Demodecidae). *Annals of Parasitology*. 58. 71-74.
- Izdebska, J. N., Rolbiecki, L. 2012b. Topical structure and topography of *Demodex* spp.(Acari, Demodecidae), in brown rat *Rattus norvegicus* (Rodentia, Muridae). *Arthropods. The medical and economic importance*. 133-141.
- Izdebska, J. N., Rolbiecki, L. 2013. Sarcoptic mites (Acari, Sarcoptidae) parasitizing the brown rat *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)(Rodentia, Muridae), with a new data for the fauna of Poland. *Ann Parasitol*, 59(3). 125-128.
- Izdebska, J. N., Rolbiecki, L. 2014. New species of *Demodex* (Acari: Demodecidae) with data on parasitism and occurrence of other demodecids of *Rattus norvegicus* (Rodentia: Muridae). *Annals of the Entomological Society of America*. 107(4). 740-747.
- Juncker-Voss, M., Prosl, H., Lussy, H., Enzenberg, U., Auer, H., Nowotny, N. 2000. Serological detection of *Capillaria hepatica* by indirect immunofluorescence assay. *Journal of clinical microbiology*. 38(1). 431-433.
- Kim, D. Y., Stewart, T. B., Bauer, R. W., Mitchell, M. 2002. *Parastrongylus* (= *Angiostrongylus*) *cantonensis* now endemic in Louisiana wildlife. *Journal of Parasitology*. 88(5). 1024-1026.
- Kinsella, J. M. 1971. *Angiostrongylus schmidti* sp. n. (Nematoda: Metastrongyloidea) from the rice rat, *Oryzomys palustris*, in Florida, with a key to the species of *Angiostrongylus* Kamensky, 1905. *The Journal of parasitology*. 57(3). 494-497.
- Laudisoit, A., Falay, D., Amundala, N., Akaike, D., de Bellocq, J. G., Van Houtte, N., Raoult, D. 2014. High prevalence of *Rickettsia typhi* and *Bartonella* species in rats and fleas, Kisangani, Democratic Republic of the Congo. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 90(3). 463-468.
- Lavoipierre, M. M. J. 1964. Mange mites of the genus *Notoedres* (Acari: Sarcoptidae) with descriptions of two new species and remarks on notoedric mange in the squirrel and the vole. *Journal of Medical Entomology*. 1(1). 5-17.
- Loos-Frank, B., Zeyhle, E. 1982. The intestinal helminths of the red fox and some other carnivores in southwest Germany. *Zeitschrift für Parasitenkunde*. 67(1). 99-113.
- Macnish, M. G., Morgan, U. M., Behnke, J. M., Thompson, R. C. A. 2002. Failure to infect laboratory rodent hosts with human isolates of *Rodentolepis* (= *Hymenolepis*) *nana*. *Journal of helminthology*. 76(01). 37-43.
- McCusker, R. H., Kelley, K. W. 2013. Immune–neural connections: how the immune system’s response to infectious agents influences behavior. *The Journal of experimental biology*. 216(1). 84-98.

- McGarry, J. W., Higgins, A., White, N. G., Pounder, K. C., Hetzel, U. (2015). Zoonotic helminths of urban brown rats (*Rattus norvegicus*) in the UK: neglected public health considerations?. *Zoonoses and public health*. 62(1). 44-52.
- McKay, D. M., 2010. The immune response to and immunomodulation by *Hymenolepis diminuta*. *Parasitology*. 137(3). 385–394.
- Meagher, S. 1998. Physiological responses of deer mice (*Peromyscus maniculatus*) to infection with *Capillaria hepatica* (Nematoda). *The Journal of parasitology*. 84 (6). 1112-1118.
- Milazzo, C., Ribas, A., Casanova, J. C., Cagnin, M., Geraci, F., Di Bella, C. 2010. Helminths of the brown rat (*Rattus norvegicus*)(Berkenhout, 1769) in the city of Palermo, Italy. *Helminthologia*. 47(4). 238-240.
- Mitra, R., Sapolsky, R. M., Vyas, A. 2013. *Toxoplasma gondii* infection induces dendritic retraction in basolateral amygdala accompanied by reduced corticosterone secretion. *Disease Models and Mechanisms*. 6(2). 516-520.
- Montoya, J. G., Liesenfeld, O. 2004. *Lancet* 363. 1965-1976.
- Moravec, F. 1982. Proposal of a new systematic arrangement of nematodes of the family Capillariidae. *Folia Parasitologica*. 29(2). 119-132.
- Moreira, V. L. C., Geise, E. G., Melo, F. T. V., Simoes, R. O., Thiengo, S. C., Maldonado Jr., A., Santos, J. N. 2013. Endemic angiostrongyliasis in the Brazilian Amazon: Natural parasitism of *Angiostrongylus cantonensis* in *Rattus rattus* and *R. norvegicus*, and sympatric giant African land snails, *Achatina fulica*. *Acta tropica*. 125. 90-97
- Munoz, M., Liesenfeld, O., Heimesaat, M. M. 2011. Immunology of *Toxoplasma gondii*. *Immunological reviews*. 240(1). 269-285
- Neuhauss, E., Fitarelli, M., Romanzini, J., Graeff-Teixeira, C. 2007. Low susceptibility of *Achatina fulica* from Brazil to infection with *Angiostrongylus costaricensis* and *A. cantonensis*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 102(1). 49-52.
- O'Donoghue, P. J. 1995. *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis in man and animals. *International journal for parasitology*. 25(2). 139-195.
- OuYang, L., Wei, J., Wu, Z., Zeng, X., Li, Y., Jia, Y., Lei, W. 2012. Differences of larval development and pathological changes in permissive and nonpermissive rodent hosts for *Angiostrongylus cantonensis* infection. *Parasitology research*. 111(4). 1547-1557.
- Pakdad, K., Ahmadi, N. A., Aminalroaya, R., Piazak, N. 2012. A Study on Rodent Ectoparasites in the North district of Tehran, Iran. *Journal of Paramedical Sciences*. 3(1).
- Pétavy, A. F., Tenora, F., Deblock, S. 2003. Co-occurrence of metacestodes of *Echinococcus multilocularis* and *Taenia taeniaeformis* (Cestoda) in *Arvicola terrestris* (Rodentia) in France. *Folia parasitologica*. 50(2). 157-158.

- Pfeiffer, F., Kuschfeldt, S., Stoye, M. 1997. Helminth fauna of the red fox (*Vulpes vulpes* LINNE 1758) in south Sachsen-Anhalt--1: Cestodes. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift. 104(10). 445-448.
- Porter, S. B., Sande, M. A. 1992. Toxoplasmosis of the central nervous system in the acquired immunodeficiency syndrome. New England Journal of Medicine. 327(23). 1643-1648
- Prandovszky, E., Gaskell, E., Martin, H., Dubey, J. P., Webster, J. P., McConkey, G. A. 2011. The neurotropic parasite *Toxoplasma gondii* increases dopamine metabolism. PLoS One. 6(9). e23866
- Prociv, P., Spratt, D. M., Carlisle, M. S. 2000. Neuro-angiostrongyliasis: unresolved issues. International journal for parasitology. 30(12). 1295-1303.
- Ramirez, N. E., Ward, L. A., Sreevatsan, S. 2004. A review of the biology and epidemiology of cryptosporidiosis in humans and animals. Microbes and infection. 6(8). 773-785
- Ratovonjato, J., Duchemin, J. B., Duplantier, J. M., Laventure, S., Rabarison, P., Chanteau, S., Roux, J. F. 1998. Evaluation de la sensibilité des puces pestigènes malgaches aux insecticides en milieu urbain: résultats et analyse préliminaires. Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar. 64(1-2). 29-33.
- Reperant, L. A., Deplazes, P. 2005. Cluster of *Capillaria hepatica* infections in non-commensal rodents from the canton of Geneva, Switzerland. Parasitology research. 96(5). 340-342.
- Resendes, A. R., Amaral, A. F. S., Rodrigues, A., Almeria, S. 2009. Prevalence of *Calodium hepaticum* (Syn. *Capillaria hepatica*) in house mice (*Mus musculus*) in the Azores archipelago. Veterinary parasitology. 160(3). 340-343.
- Richardson, D. J., Brink, C. D. 2011. Effectiveness of various anthelmintics in the treatment of moniliformiasis in experimentally infected Wistar rats. Vector-Borne and Zoonotic Diseases. 11(8). 1151-1156.
- Robert-Gangneux, F., Dardé, M. L. 2012. Epidemiology of and diagnostic strategies for toxoplasmosis. Clinical microbiology reviews. 25(2). 264-296
- Schmidt, S., Haupt, W., Ribbeck, R. 1998. *Capillaria hepatica*-ein seltener Zoonose-Erreger. Vorkommen bei Mäusen. Tropenmed. Parasitol. 20. 131-136.
- Singleton, G. R., Chambers, L. K. 1996. A manipulative field experiment to examine the effect of *Capillaria hepatica* (Nematoda) on wild mouse populations in southern Australia. International journal for parasitology. 26(4). 383-398.
- Sinniah, B., Narasiman, M., Habib, S., Gaik Bei, O. 2014. Prevalence of *Calodium hepaticum* and *Cysticercus fasciolaris* in Urban Rats and Their Histopathological Reaction in the Livers. Journal of veterinary medicine. 2014. ID 172829.

- Slom, T., Johnson, S. 2003. Eosinophilic meningitis. *Current infectious disease reports*. 5(4). 322-328.
- Stojčević, D., Marinculić, A., Mihaljević, Ž. 2002. Prevalence of *Capillaria hepatica* in Norway rats (*Rattus norvegicus*) in Croatia. *Veterinarski arhiv*. 72(3). 141-149.
- Stojcevic, D., Mihaljevic, Z., Marinculic, A. 2004. Parasitological survey of rats in rural regions of Croatia. *Veterinarni Medicina*. 49 (2004). 19-34
- Teles, H. M. S., Vaz, J. F., Fontes, L. R., Domingos, M. D. F. 1997. Registro de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) no Brasil: caramujo hospedeiro intermediário da angiostrongilíase. *Rev. saude publica*. 31(3). 310-12.
- Traversa, D., Di Cesare, A., Lia, R. P., Castagna, G., Meloni, S., Heine, J., Schaper, R. 2011. New insights into morphological and biological features of *Capillaria aerophila* (Trichocephalida, Trichuridae). *Parasitology research*. 109(1). 97-104.
- Traweger, D., Travnitzky, R., Moser, C., Walzer, C., Bernatzky, G. 2006. Habitat preferences and distribution of the brown rat (*Rattus norvegicus* Berk.) in the city of Salzburg (Austria): implications for an urban rat management. *Journal of Pest Science*. 79(3). 113-125.
- Tyzzer, E. E. 1907. A sporozoan found in the peptic glands of the common mouse. *Experimental Biology and Medicine*. 5(1). 12-13.
- Ubelaker, J. E. 1986. Systematics of species referred to the genus *Angiostrongylus*. *The Journal of parasitology*. 72(2). 237-244.
- Vyas, A., Kim, S. K., Giacomini, N., Boothroyd, J. C., Sapolsky, R. M. 2007. Behavioral changes induced by *Toxoplasma* infection of rodents are highly specific to aversion of cat odors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104(15). 6442-6447.
- Volf, P., Horák, P. 2007. *Paraziti a jejich biologie*. Triton. p. 320 . ISBN: 9788073870089
- Wallace, G. D., Rosen, L. 1969. Studies on eosinophilic meningitis. V. Molluscan hosts of *Angiostrongylus cantonensis* on Pacific Islands. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 18(2). 206-16.
- Watwe, S., Dardi, C. K. 2008. *Hymenolepis diminuta* in a child from rural area. *Indian Journal of Pathology and Microbiology*. 51(1). 149.
- Webster, J. P. 1994. The effect of *Toxoplasma gondii* and other parasites on activity levels in wild and hybrid *Rattus norvegicus*. *Parasitology*. 109(05). 583-589.
- Webster, J. P., Brunton, C. F. A., Macdonald, D. W. 1994. Effect of *Toxoplasma gondii* upon neophobic behaviour in wild brown rats, *Rattus norvegicus*. *Parasitology*. 109(01). 37-43.
- Xiao, L., Ryan, U. M. 2004. Cryptosporidiosis: an update in molecular epidemiology. *Current opinion in infectious diseases*. 17(5). 483-490.

Yamano, K., Miyoshi, M., Goto, A., Kawase, S. 2014. Time course of the antibody response in humans compared with rats experimentally infected with hepatic alveolar echinococcosis. *Journal of helminthology*. 88(01). 24-31.

Yamashita, M., Imagawa, T., Nakaya, K., Sako, Y., Okamoto, Y., Tsuka, T., Ito, A. 2013. *Echinococcus multilocularis*: Single hepatic lesion experimentally established without metastasis in rats. *Experimental parasitology*. 135(2). 320-324.

Yii, C. Y. 1976. Clinical observations on eosinophilic meningitis and meningoencephalitis caused by *Angiostrongylus cantonensis* on Taiwan. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 25(2). 233-249.

6 Přílohy

Tabulka 1. Přehled parazitických druhů uvedených v této práci, včetně autora a roku popisu.

Latinsky - český název	Autor a rok popisu
<i>Angiostrongylus cantotnesis</i>	Chen, 1935
<i>Aspicularis tetraptera</i>	Nitzsch, 1821
<i>Brachylaima mascomai</i>	Gracenea, Gonzalez-Moreno, 2002
<i>Calodium hepaticum</i> , syn. <i>Capillaria hepatica</i>	Bancroft, 1893
<i>Cryptosporidium muris</i>	Tyzzer, 1907
<i>Demodex nanus</i> - trudník drobný	Hirst, 1918
<i>Demodex norvegicus</i> - trudník potkaní	Bukva, 1995
<i>Demodex ponderosus</i>	Izdebska, Rolbiecki, 2014
<i>Demodex ratti</i> - trudník krysí	Hirst, 1917
<i>Demodex ratticola</i> - trudník potkanomilný	Bukva, 1995
<i>Echinococcus granulosus</i> - měchožil zhoubný	Batsch, 1786
<i>Echinococcus multilocularis</i> - měchožil bublinatý	Leuckart, 1863
<i>Eucoleus aerophilus</i> (syn. <i>Capillaria aerophila</i>)	Creplin, 1839
<i>Hymenolepis diminuta</i> - tasemnice krysí	Rudolphi, 1819
<i>Hymenolepis hibernia</i>	Montgomery, Montgomery, Dunn, 1987
<i>Hymenolepis nana</i> (syn. <i>Rodentolepis nana</i>) - tasemnice dětska	Siebold, 1852
<i>Hymenolepis pseudominuta</i>	Tenora, Asakawa, Kamiya, 1994
<i>Myoceptes musculinus</i>	Koch, 1840
<i>Notoedres muris</i> - svrabovka myší	Mégnin, 1877
<i>Paracapillaria philippinensis</i> syn. <i>Capillaria philippinensis</i>	Chitwood, Valesquez, Salazar, 1968
<i>Moniliformis moniliformis</i> - vrtejš krysí	Bremser, Rudolphi, 1819
<i>Myobia musculi</i> - trudníkovec myší	Schrank, 1781
<i>Radfordia ensifera</i> - trudníkovec mečovitý	Poppe, 1896
<i>Sarcoptes scabiei</i> - zákožka svrabová	De Geer, 1778
<i>Synopsyllus fonquernii</i>	Wagner, Roubaud, 1932
<i>Syphacia obvelata</i> - roup myší	Rudolphi, 1802
<i>Taenia crassiceps</i>	Zeder, 1800
<i>Taenia taeniaformis</i> - tasemnice kočičí	Batsch, 1786
<i>Trixacarus diversus</i> - zákožka rozmanitá	Sellnick, 1944
<i>Xenopsylla cheopsis</i> - blecha morová	Rothschild, 1903

Tabulka 2. Přehled hostitelských druhů uvedených v této práci, včetně autora a roku popisu.

Český (latinský) název	Autor a rok popisu
achatina žravá (<i>Achatina fulica</i>)	Bowdich, 1822
dunovka proměnlivá (<i>Theba pisana</i>)	O. F. Müller, 1774
hlemýžď kropenatý (<i>Cornu aspersum, syn. Helix aspersa</i>)	O. F. Müller, 1774
krysa obecná (<i>Rattus rattus</i>)	Linnaeus, 1758
krysa ostrovní (<i>Rattus exulans</i>)	Peale, 1848
liška obecná (<i>Vulpes vulpes</i>)	Linnaeus, 1758
liška polární (<i>Alopex lagopus</i>)	Linnaeus, 1758
myš domácí (<i>Mus musculus</i>)	Linnaeus, 1758
myš středozevní (<i>Mus spretus</i>)	Lataste, 1883
myšice křovinná (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	Linnaeus, 1758
myšice východní (<i>Apodemus speciosus</i>)	Temminck, 1844
norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	Schreber, 1780
ondatra pižmová (<i>Ondatra zibethicus</i>)	Linnaeus, 1766
otala tečkovaná (<i>Otala punctata</i>)	O. F. Müller, 1774
potkan (<i>Rattus norvegicus</i>)	Berkehout, 1769
<i>Rattus tanezumí</i>	Temminck, 1844
potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	Linnaeus, 1758
potemník skladištní (<i>Tribolium confusum</i>)	Jacquelin du Val, 1868
pruhovka lesklá (<i>Pseudotachea splendida</i>)	Draparnaud, 1801