

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



Drobní savci jako mezipřenositelé významných parazitů

Bakalářská práce

Autor práce: Davidková Petra

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

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Drobní savci jako mezihostitelé významných parazitů" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4.4.2013

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při vypracování této práce.

Drobní savci jako mezihostitelé významných parazitů

Small mammals as intermediate hosts of important parasites

Souhrn

Drobní savci jsou častými hostiteli či mezihostiteli nejrůznějších druhů parazitů. Někteří z těchto parazitů jsou nebezpeční i pro člověka, protože i člověk se může stát mezihostitelem, podobně jako drobní savci. Mezi drobné savce zařazujeme zejména hlodavce a rejšky, především hlodavci jsou velmi často mezihostiteli tasemnice *Echinococcus multilocularis* a škrkavek rodu *Toxocara*. *Echinococcus multilocularis* může způsobit vážné zdravotní problémy i u člověka, a to tzv. echinokokózu, která může skončit až smrtí mezihostitele. Škrkavky rodu *Toxocara*, které mají jako své definitivní hostitele kočkovité a psovitě šelmy, u člověka a drobných savců způsobují larvální toxokarózu. Na léčbu toxokarózy i echinokokózy je třeba dbát zejména u koček a psů, kde jsou nám k dispozici širokospektrální léky, jelikož tyto šelmy vylučují ve svých výkalech vajíčka, kterými se nakazí mezihostitel popř. paratenický hostitel (parazity *Toxocara*, *Toxascaris*). U echinokokózy je možné omezit tvorbu cyst esenciálními oleji máty peprné a máty polej. U máty polej bylo prokázáno, že způsobila úbytek cyst.

Alveolární echinokokóza je velmi závažné onemocnění způsobené měchožilem zhoubným (*Echinococcus multilocularis*). Touto echinokokózou se mezihostitel nakazí perorálním požitím vajíček parazita, která jsou ve stolici již nakažených definitivních hostitelů. Parazitující larva se usadí většinou na játrech, kde roste. Léčba alveolární echinokokózy je možná chirurgicky.

Je známo, že parazit může ovlivňovat svého hostitele a to ve svůj prospěch. Děje se tak především u působení parazita na mezihostitele za účelem, aby byl mezihostitel pozřen definitivním hostitelem a parazit mohl tak dokončit svůj vývoj. Jsou známy různé změny hostitele, ale nejčastější jsou změny chování u mezihostitelů. Nejčastěji takto působí na svého mezihostitele prvek *Toxoplasma gondii*, který ovlivní chování myši natolik, že se stává snadnou kořistí svého predátora (definitivního hostitele).

Klíčová slova: drobní savci, parazité, mezihostitel, *Echinococcus*, *Toxocara*

Summary

Small mammals are very often hosts or intermediate hosts for different kinds of parasites. Some of these parasites are dangerous for humans too, because the human also can become an intermediate host, similar as small mammals. We classify especially rodents and shrews among small mammals, primarily rodents are very often intermediate hosts of the tapeworm *Echinococcus multilocularis* and roundworms of species *Toxocara*. *Echinococcus multilocularis* can cause severe health problems humans too, so called echinococcosis, which can lead to death of an intermediate host. Roundworms of species *Toxocara*, that have feline beasts and canine beasts as their final hosts. These roundworms cause humans and small mammals larval toxocariasis. It is important to pay attention to cure of toxocariasis and echinococcosis at cats and dogs, where there are broad-spectrum medicine, because these beasts excrete eggs in their excrements, which can infect an intermediate host, possibly paratenic host (parasites *Toxocara*, *Toxascaris*). It is possible to reduce production of cysts by essential oils of *Mentha piperita* and *Mentha pulegium* at echinococcosis. It was proved decrease of cysts at *Mentha pulegium*.

Alveolar echinococcosis is a very serious disease cause by *Echinococcus multilocularis*. An intermediate host is infected with this echinococcosis by per oral consumption of parasite's eggs, which are in the excrements of infected final hosts. Parasitic larvae settle down mostly in liver, where they grows. Surgical cure is possible at alveolar echinococcosis.

It is known that a parasite can influence its host for its benefit. This happens especially at parasite effect to an intermediate host in order to be swallow by a final host and the parasite could finish its development. There are different host changes, but the most common are intermediate host behaviour changes. Protozoan *Toxoplasma gondii* influences its an intermediate host. This protozoan affects mouse behaviour that much that it becomes an easy prey of its predator (its final host).

Keywords: small mammals, parasite, intermediate host, *Echinococcus*, *Toxocara*

Obsah

1 Úvod	6
2 Cíl	6
3 Literární rešerše.....	7
3.1 Drobní savci obecně	7
3.1.1 Řád: Hlodavci (Rodentia)	7
3.1.2 Řád: Rejsci (Soricomorpha).....	8
3.2 Paraziti drobných savců	8
3.2.1 Vybraní prvoci parazitující u drobných savců	9
3.2.2 Vybrané tasemnice parazitující u drobných savců	11
3.2.3 Vybrané hlístice parazitující u drobných savců	13
3.3 Působení parazita na hostitele	19
3.4 Zoonózy	21
3.4.1 Echinokokóza	21
3.4.1.1 Léčba echinokokózy	22
3.4.2 Toxokaróza.....	23
3.4.2.1 Léčba toxokarózy.....	24
3.4.2.2 Vliv probiotik na toxokarózu	25
4 Závěr	27
5 Seznam literatury	28

1 Úvod

Drobní savci jsou často mezihostiteli nejrůznějších druhů parazitů. Tato bakalářská práce se zaměřuje především na tasemnice rodu *Echinococcus*, hlístice rodu *Toxocara*, také *Toxascaris* a některé druhy parazitických prvoků. Parazité z těchto rodů znamenají nebezpečí pro člověka, především tasemnice měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*), která může u člověka způsobit i smrtelnou infekci.

Bakalářská práce se věnuje možným rizikům pro člověka a také způsobům prevence, případně léčby parazitóz způsobených některým z těchto parazitů. Zabývá se také problematikou vlivu parazita na svého hostitele. To znamená především to, jaké změny v chování dokáže parazit vyvolat u svého hostitele. Tento jev je známý hlavně u parazitického prvoka *Toxoplasma gondii*, který je taktéž nebezpečný pro člověka, zejména pak pro těhotné ženy.

2 Cíl

Cílem práce bylo zpracovat literární rešerši podle nejnovějších vědeckých poznatků týkajících se problematiky parazitárních onemocnění, kde drobní savci, stejně jako člověk, zasahují do životního cyklu nebezpečných parazitů.

3 Literární rešerše

3.1 Drobní savci obecně

3.1.1 Řád: Hlodavci (Rodentia)

Hlodavci jsou nejpočetnějším řádem žijících savců. Řád obsahuje 2277 v současnosti uznávaných druhů. Hlodavci osídlili celý svět kromě Antarktidy a obsadili rozmanité ekologické niky – podzemní, zemní, polovodní, stromové. Hlodavci jsou většinou býložraví, semenožraví, případně všežraví savci různého vzhledu, ale jednotné anatomické stavby. Mají diprotodontní chrup s jediným párem horních a dolních řezáků. Hlodavé řezáky trvale dorůstají, sklovinu mají jen na přední straně, a proto se neustále dlátovitě sbrušují. Místo špičáků je v chrupu mezera, někdy chybějí i třenové zuby, ale stoličky jsou vždy vytvořeny. Mnoho druhů hlodavců má rychlé rozmnožování a krátkou graviditu s velkým počtem mláďat, samice se často znovu páří záhy po porodu. Díky svoji svojí početnosti a rozmanitosti mají hlodavci nesmírný význam pro člověka. Zkonzumují 50 % rostlinné produkce v přírodním prostředí a převyšují v tomto ohledu kopytníky. V rozvojových zemích spotřebují nebo zničí až 50 % úrody zemědělských plodin, ve vyspělých zemích jen asi 1 – 20 %. Jsou významnými rezervoáry a přenašeči různých onemocnění. Někteří hlodavci se také uplatňují v laboratořích jako modely při biologickém a medicínském výzkumu. U nás se vyskytuje 26 volně žijících druhů (Gaisler, 2007).

Myšovití (Muridae)

Myšovití jsou semenožraví až všežraví drobní savci. Patří mezi ně **myš domácí** (*Mus musculus*), která je rozšířená po celém světě. Dále do skupiny patří **krysa obecná** (*Rattus rattus*), obývá většinou půdy budov, je velká 15 – 25 cm. **Potkan** (*Rattus norvegicus*) je rozšířen po celém světě a může být až dvojnásobně větší než krysa. Žije na vlhkých místech, jako jsou kanály, stoky a smetiště. **Myšice křovinná** (*Apodemus sylvaticus*) je náš nejběžnější hlodavec, žije všude, kromě souvislých lesů, a to i v blízkosti člověka. **Myšice lesní** (*Apodemus flavicollis*), obývá souvislé lesy, je větší, má hnědý hřbet a bílé břicho.

3.1.2 Řád: Rejsci (Soricomorpha)

Jsou to většinou velmi malí hmyzožravci s nízkou protáhlou lebkou bez jařmových oblouků. Mají vysokou látkovou výměnu a spotřebu potravy a jsou aktivní i v zimě. Rejsci jsou nejmenší savci s pohyblivým rypáčkem a hmatovými chlupy. Živí se hmyzem, kroužkovci, slimáky i drobnými obratlovci. Mnozí vydávají a přijímají ultrazvuky na principu jednoduché echolokace. U některých druhů rejsků se nachází podčelistní jedové žlázy.

Do této skupiny patří tito zástupci:

Rejsek obecný (*Sorex araneus*) – západopalearktický druh. U nás je všude hojný, váží přibližně 6 – 13 g. **Rejsek malý** (*Sorex minutus*) – má podobné rozšíření, ale není tak hojný. Nedospělí jedinci váží pouze 3 g, pohlavně aktivní dospělci váží asi 5 g. Zástupci rodu *Sorex* mají konce zubů červené.

Rejsec vodní (*Neomys fodiens*) – žije v Evropě a Asii, dobře plave a živí se vodními bezobratlými, případně pulci a potěrem ryb.

Bělozubka šedá (*Crocidura suaveolens*) – u nás se vyskytuje na suchých teplých místech a v okolí lidských sídlišť (Gaisler, 2007). Bělozubky mají konce zubů bílé.

3.2 Paraziti drobných savců

Parazitické infekce jsou jedním z faktorů, které ovlivňují populační dynamiku, nejen přímo tím, že mají vliv na reprodukci a parametry přežití jednoho druhu, ale také nepřímo, tím, že promění, jak vnitřní, tak vnější mezidruhové vztahy, snižování konkurenčních schopností, nebo zvyšování zranitelnosti vůči predátorům. Ačkoli paraziti zřídka zabíjejí své hostitele, mohou způsobit snížení hmotnosti, velikosti, nebo změnit chování, které může mít vliv na reprodukci a přežití. Avšak, výskyt a intenzita parazitů se vztahují k charakteristikám hostitelů, vztahu mezi parazity a vnějším životním prostředím (Gomez, 2008).

Pohlaví a stresové hormony mají vážný vliv na imunitní systém. Samčí pohlavní hormon (testosteron) celkově snižuje rezistenci vůči infekcím způsobeným helminty. Samičí hormon (estrogen) často rezistenci zvyšuje (Haukisalmi, 1995).

3.2.1 Vybraní prvoci parazitující u drobných savců

Různé rody jsou v současné době zařazeny do čeledi Sarcocystidae patřící mezi parazity, které mají lékařský, veterinární a ekonomický význam. Rod *Sarcocystis* je největším rodem čeledi Sarcocystidae a skládá se z druhů, které infikují široké spektrum zvířat, včetně savců, ptáků a plazů. Sarcocystidae se vyznačuje sexuální fází vývoje ve střevě definitivního hostitele a schopnost vytvářet tkáňové cysty v různých tkáních mezihostitele. V současné době existuje nejméně šest uznaných rodů (*Sarcocystis*, *Frenkelia*, *Toxoplasma*, *Hammondia*, *Besnoitia* a *Neospora*). Rod *Frenkelia* se skládá z parazitů, kteří používají jako svého mezihostitele hlodavce a dravé ptactvo jako finální hostitele. U obou rodů lze sledovat téměř identický životní cyklus, fáze jejich cyklů jsou si morfologicky velice podobné. Vztah mezi těmito dvěma rody zůstává nevyřešen, protože předchozí analýzy fenotypových znaků a malé podjednotky sekvencí genů ribonukleové kyseliny již zpochybnil platnost rodu *Frenkelia* vůči rodu *Sarcocystis* (Mugridge et. al., 1999).

Toxoplasmatidae, její zástupci mají oocysty typu oospora, které vycházejí s výkaly hostitele nesporulované. Sporocysty se otevírají rozpadem švů. Kokcidie této čeledi mají velmi často paratenické (transportní) hostitele, mohou mít latentní stádia v hostiteli. Na jednom konci spektra životních cyklů jsou sporozoiti uvolněni ze oocyst a sporocyst přímo infekční pro hostitele, na opačném konci se hostitel nakazí pouze od mezihostitele. U některých druhů se definitivní hostitel nakazí stádií z paratenického hostitele, ve kterém kokcidie jen přežívá (Volf, 2007).

***Toxoplasma gondii* (Nicolle et Manceaux, 1908)**

Toxoplasma gondii je rozšířený nitrobuněčný prvok, který je schopen infikovat všechny teplokrevné obratlovce. Parazit má komplexní životní cyklus, v něm je definitivním hostitelem kočka. Oocysty vyloučené ve stolici definitivního hostitele jsou perzistentní v životním prostředí a mohou zůstat infekční více než rok. Po pozření infikovaných oocyst vznikají tachyzoiti (Obr. 1), kteří zaplaví tělo hostitele a postupně z nich vznikají bradyzoiti.

Přestože může být napadena celá řada teplokrevných živočichů (hlodavci, ptáci, nebo lidé), divocí hlodavci jsou nejčastějšími mezihostiteli *Toxoplasma gondii*.

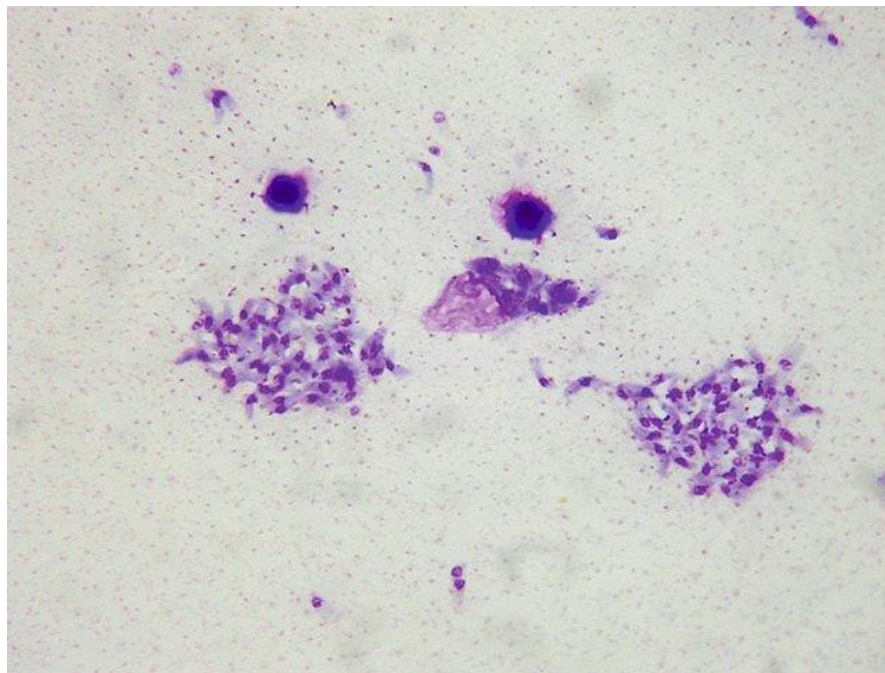
Toxoplasma gondii nemusí svého definitivního hostitele přežít, ale může být zachována v průběhu času v mezihostitelské populaci konzumací mezihostitele mezihostitelem, kanibalismem nebo mezidruhovou predací, její infekčnost se tak zvyšuje po každém pohlavním rozmnožování. Vzhledem k tomu, že k sexuální reprodukci

Toxoplasma gondii může dojít pouze v definitivním hostiteli, parazit je nakonec závislý na predaci infikovaných zvířat, které loví kočka. V důsledku toho mohou být silné selektivní tlaky

pro přenos na definitivního hostitele, a proto se může u parazita vyvinout mechanismy pro zvýšení přenosové rychlosti z meziphostitele na definitivního hostitele (Lagrue, 2010).

Obr. 1: *Toxoplasma gondii* – shluky tachyzoitů

Převzato z: <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id17383/?taxonid=133040>



***Hammondia hammondi* (Frenkel, 1974)**

Hammondia hammondi je parazit koček patřící mezi kokcidie s životním cyklem zahrnující hlodavce a jiná teplokrevná zvířata. Úzce souvisí s *Toxoplasma gondii*. Ačkoli *Hammondia hammondi* a *Toxoplasma gondii* mají mnoho hostitelů, *Hammondia hammondi* nebyla spojena s žádným projevem onemocnění v některém z těchto hostitelů. Neexistují žádné významné morfologické rozdíly mezi jednotlivými fázemi *Hammondia hammondi* a *Toxoplasma gondii*. Tyto morfologické a fylogenetické podobnosti až dosud vytvářely nejistotu a diskuse o taxonomickém postavení *Hammondia hammondi*. Nicméně, tento parazit má epidemiologický význam díky jeho blízké podobnosti k *Toxoplasma gondii*, vzhledem k tomu, že *Toxoplasma gondii* je patogenní pro člověka a zvířata, a kočka je definitivní hostitel pro oba organismy. Je proto nezbytné, aby tyto infekce byly diferenciatně diagnostikovány (Sreekumara, 2005).

3.2.2 Vybrané tasemnice parazitující u drobných savců

Třída Cestoda obsahuje asi 5000 známých druhů tasemnic, které parazitují u všech skupin obratlovců, přičemž nejvíce tasemnic se nachází u paryb a ryb. Většina tasemnic má vícehostitelské životní cykly a místem lokace u dospělců je trávicí soustava obratlovců. Z hlediska veterinární a humánní medicíny jde o závažné patogeny nejen ve stádiu dospělosti, ale především ve stádiu larev napadajících obratlovce jako je např. rod *Echinococcus*.

Typické tasemnice mají skolex (hlavičku) a segmentovanou strobilu (tělo). Na skolexu jsou umístěny nápadné přichycovací háčky, které jsou významným taxonomickým znakem. Strobila je tvořena jednotlivými články (proglotidy), které představují reprodukční jednotky. Tasemnice mohou být monozoické (tělo není článkované, resp. je tvořeno jedním článkem) nebo polyzoické (tělo je tvořeno několika články – *Echinococcus*, nebo mnoha články *Taenia*).

Průběh onemocnění může značně ovlivnit pohlaví hostitele. Například napadení hrabošů tasemnicemi se značně mění s pohlavím, věkem a pohlavní aktivitou hostitele. Byly zjištěny následující informace – samci, kteří přežili zimu, vykazovali větší prevalenci než ostatní funkční skupiny hrabošů; dospělé v létě narozené samice *Microtus miuris* měly vyšší prevalenci *Paranoplocephala omphalodes*; nedospělé v létě narozené samice *Microtus oeconomus* měly vyšší prevalenci *Hymenolepis horrida*, než samci stejné skupiny (Haukisalmi, 1995).

Rod *Echinococcus* zahrnuje tasemnice velmi malých rozměrů (1 – 6 mm), jejichž tělo je kromě skolexu se čtyřmi přísavkami a rostellem s háčky složeno jen z několika článků (Volf, 2007).

***Echinococcus multilocularis* (Leuckart, 1863)**

Echinococcus multilocularis (Obr. 2) neboli měchožil bublinatý je druhem rozšířeným především v Euroasii. Jeho definitivním hostitelem jsou lišky a mezihostitelem jsou především drobní hlodavci, napaden však může být i člověk. Způsob přenosu je podobný jako u *Echinococcus granulosus*. V mezihostiteli se vytváří larvální stádium označované jako alveokok. Ten působí alveolární echinokokózu. Larva napadá nejčastěji játra a to až u 99 % všech případů. Larvu lze najít i v jiných orgánech. Netvoří solitérní cystu, ale prorůstá okolní tkání a imituje tak nádorové bujení. Alveolární echinokokóza je velmi závažné onemocnění, ve více jak 90 % případů smrtelné (Volf, 2007).

Echinococcus multilocularis způsobuje vzácné, ale potenciálně smrtelné onemocnění přenosné na člověka, jedná se o alveolární echinokokózu. Tato tasemnice se vyskytuje u lišek západní a střední Evropy. V západní Evropě jsou hraboš polní (*Microtus arvalis*) a hryzec vodní (*Arvicola terrestris*) nejčastějšími mezihostiteli *Echinococcus multilocularis* (Hanosset, 2008).

Obr. 2: *Echinococcus multilocularis*

Převzato z: <http://www.vet.dtu.dk/>



Měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*) má lišky jako definitivní hostitele a různé druhy hlodavců má jako své mezihostitele. V této studii, byly liškám podány návnady s vysoce účinným lékem proti tasemnicím (praziquantel) v 5 oblastech o rozloze 1 km². Hryzci vodní (*Arvicola terrestris*), nejhojnější z mezihostitelů, byli uvězněni v 5 oblastech s návnadami a 5 oblastech bez návnad. V oblastech s návnadami byl zjištěn snížený výskyt

Echinococcus multilocularis ve vzorcích výkalů lišek, ale hryzci drženi v obou oblastech se nelišili v nakažení tímto parazitem. Nicméně, hraboši v oblastech s návnadami měli významně menší slezinu a bylo více pravděpodobné, že je zamořena, než ty z kontrolních bloků, což možná odráží různé imunologické aktivity. Naše studie ukazuje, že znečištění životního prostředí vajíčky *Echinococcus multilocularis* a jiných tasemnic, ovlivňuje imunitní systém meziphostitelského druhu hryzce vodního (*Arvicola terrestris*) ve volné přírodě (Schwarzenbach, 2004).

3.2.3 Vybrané hlístice parazitující u drobných savců

Škrkavky rodu *Toxocara*

Škrkavka psí (*Toxocara canis*) je druh, který parazituje u psovitých šelem. Larvy prodělávají somatickou migraci, ale část z nich svůj vývoj nedokončí a enkapsuluje se v různých tkáních hostitele. V období březosti se larvy aktivují a začnou migrovat do plodů přes placentu. Štěňata se proto rodí již infikovaná a v několika týdnech začnou vylučovat vajíčka škrkavek. Nakazit se štěňata mohou i prostřednictvím mléka a to larvami, které domigrovaly do mléčné žlázy. U člověka tento druh způsobuje tzv. larvální toxokarózu, kdy larvy migrují tělem a poškozují různé orgány, nejčastěji plíce, ale jsou známy i případy oční toxokarózy. Podobné problémy může způsobovat i nákaza *Toxocara cati*, která je parazitem koček (Volf, 2007).

Škrkavka psí *Toxocara canis* je přítomna v psí populaci na celém světě. Vzhledem ke svému zoonotickému potenciálu, tato škrkavka má zvláštní význam nejen pro veterinární lékařství, ale i pro humánní lékaře. Ačkoli shromážděné údaje v průběhu let dávají představu o tom, co se děje během larválního vývoje *Toxocara canis*, mnoho otázek zůstává nezodpovězených (Schnieder, 2011).

Zoonotické škrkavky *Toxocara canis* a *Toxocara cati* nejsou přítomny pouze ve svých konečných hostitelích po celém světě, ale také se často vyskytují u jiných zvířecích druhů, včetně člověka. V meziphostitelích se larvy nevyvinou do dospělosti, ale spíše migrují v somatické tkáni a přetrvávají v infekční fázi L3 po dlouhou dobu. Tyto zadržené larvy mohou vést k těžkým zánětlivým reakcím a následně k celé řadě patologických a klinických projevů. Nicméně, infikovaní meziphostitelé rovněž představují potenciální zdroj infekce pro konečné hostitele nebo další lidi, kteří mohou také fungovat jako meziphostitelé. Informace

o klinických a patologických změnách u prezentovaných druhů a možných důsledcích migrace somatických larev, tj. výsledné poškození tkání, stejně jako nežádoucí hostitelské reakce na larvy jsou zkoumány. Existuje ještě mnoho nezodpovězených otázek ohledně chování jiných jedinců než definitivních hostitelů, tedy mezihostitelů. Až 200.000 vajíček může produkovat samička *Toxocara* spp., která se šíří do životního prostředí a zvyšují potenciální riziko infekce. I přesto, že psi a kočky jsou definitivními hostiteli, mohou larvy také přetrvávat nebo dokonce způsobit závažné onemocnění v různých mezihostitelských druzích. Vylíhnuté larvy (Obr. 3) se v porovnání mezihostitele a konečného hostitele chovají podobně, nicméně, vývoj do dospělosti nedojde a infekční třetí vývojové stadium přetrvává v tkáních ve vývojově zastavené fázi. Jejich význam jako původců zoonóz by neměl být podceňován, protože škrkavky jsou jedním z nejvíce uváděných původců parazitární infekce po celém světě, a to vedlo ke zvýšení zájmu o biologii a epidemiologii rodu *Toxocara* (Strube, 2013).

Obr. 3: Larva škrkavky psí (*Toxocara canis*) opouštějící vajíčko; Převzato z:

<http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id17464/?taxonid=88728>



Za optimálních podmínek, tj. teplota mezi 25 a 30 °C a relativní vlhkosti 85 – 95 %, vývoj infekčního stadia larvy ve vajíčku vyžaduje 9-15 dnů (Schacher, 1957; Okoshi, 1968). Nicméně, v závislosti na typu půdy a klimatických podmínkách, se může vývoj lišit o 3 až 6 týdnů až do několika měsíců, a infekční stádium ve vajíčku může zůstat životaschopné po dobu nejméně 1 roku (Overgaauw, 1997).

Po požití vajíček hostitelem se z vajíček líhnou larvy (v dvanáctníku) do 2 - 4 hodin. Vylíhnuté infekční larvy proniknou sliznicí střeva (Webster, 1958b). Penetrační mechanismus

nebyl dosud zcela objasněn. Nicméně, byla detekována proteáza v larvami vylučovaném sekretu. Proteáza by mohla pomoci larvám při pronikání do hostitelských tkání, tj. střevní sliznice, jater nebo parenchymu ledvin a stěny krevních cév. Kromě toho je přímé mechanické narušení předmětem diskuzí (Parsons, 1987). Po jejich proniknutí střevní stěnou, larvy napadají lymfatické cévy a migrují do mezenterických lymfatických uzlin (Webster, 1958b). Poté, cestují v žilní kapiláry přes portální cirkulaci do jater (Webster, 1958a). Většina larev se dostane do jater přibližně 24 h po infekci (Webster, 1958a). Následně, v rámci 12 h larvy pokračují v migraci, ukončenou játry přes *Vena cava* (dutá žíla), kolem srdce a dosáhnou plic přes plicní tepny. Larvy se tam vyskytují 24 až 36 h po infekci. Ty larvy, které jsou zachycovány v kapilárách a nemohou pokračovat v migraci, zůstávají v játrech. Po zapouzdření způsobují strakatý vzhled a bělavé skvrnky v játrech charakteristické pro *Toxocara canis* infekci (Webster, 1958a).

Vliv věku a získané imunity na larvální migrační trasu

Z plic larvy pokračují po dvou různých trasách migrace, v závislosti na věku a imunitním stavu hostitele a na dávce infekce. Za první, mohou proniknout do stěn alveolů a pokračovat ve své migraci přes bronchioly a průdušnice do hltanu. Zde se polykají a nakonec v dospělé červy dorostou ve střevě. Na druhé migrační trase, larvy znovu proniknout do stěn plicních sklípků a znovu vstoupí do oběhového systému, kde jsou distribuovány do somatické tkáně (Webster, 1958b). U 3 týdny starých štěňat se téměř všechny larvy přestěhovaly přes "tracheální migrační" cestu. Naopak, u 3 měsíce a rok starých psů většinou larvy byly objeveny v tkáni. Proto byl učiněn závěr, že pravděpodobnost somatické migrace se postupně zvyšuje od věku 3 měsíců věku. Zároveň vývoj larev v dospělé škrkavky klesá (Greve, 1971; Oshima, 1976). Tento jev se označuje jako „age resistance“, který je jednak založený na vývoji imunitní způsobilosti a jednak na získané imunitě (Barriga, 1988). K určité odolnosti dochází na jedné straně v plicích, jako domnělá zpožděná reakce typu přecitlivělosti (Dubey, 1978), které ovlivňují třetí stadium po reinfekci (Oshima, 1976). Na druhé straně, je odolnost také v gastrointestinálním traktu, brání infekčnímu stadiu larvy proniknout střevní sliznici po reinfekci (Schnieder, 2011).

Mezihostitelé

Vliv migrace larvy *Toxocara* spp., zejména *Toxocara canis*, v mezihostelích byl intenzivně studován na různých zvířecích modelech. Tyto modely slouží především jako

potenciální porovnání k člověku. Nicméně, závažné rozdíly mezi zvířecím modelem a biologií lidské infekce by neměly být podceňovány (Boes, 2000). Některé zvířecí modely jsou vhodnější než jiné, v závislosti na jejich citlivosti (Strube, 2013).

Hlodavci jsou používány jako zvířecí modely pro toxokarózu (nejčastěji myši, nicméně, u krys a pískomilů bylo také prokázáno, že jsou velmi užiteční při studiu migrace larev a změn v chování) (Strube, 2013).

Různé kmeny myší vykazují širokou škálu citlivosti, některé kmeny jsou odolné a některé vykazují vysoké napadení v tkáních. Existuje několik rozdílů mezi inbredními a outbredními kmeny myší. Navíc, larvální počty jsou vysoce závislé na dávce očkovaní a počtu dní po infekci (Kayes et al., 1985; Havasiová-Reiterová et al., 1995; Cox, 1998; Ollero et al., 2008).

Obecně platí, že migrační chování larev škrkavek se skládá ze dvou fází. První z nich během prvního týdne po infekci, kdy se larvy dostávají do jater a plic, druhá, když larvy migrují tělem a hromadí se v kostře a mozku (Abo-Shehada, 1984a). Některé larvy se uzavrou v tkáni a přetrvávají jako infekční fáze po dobu alespoň jednoho roku (Sprent, 1952; Burren, 1968).

Přenos infekce prostřednictvím mezipřenositelů

Kromě přímého požití vajíček, mohou být psi také nakaženi i po požití mezipřenositelů, které mají *Toxocara canis* larvy v svých tkáních. Mezipřenositelé mohou být ptáci (Okoshi, 1968), hlodavci (Sprent, 1953), králíci (Sprent, 1955), prasata (Sasmal et al., 2008), lišky (Saeed, 2006), ale také lidé (Ito et al., 1986).

Mezipřenositelé se nakazí požitím vajíček s larvami. Existují zprávy o tom, že larvy mohou zůstat naživu po dobu nejméně 2 let v tkáni myší, potkanů, morčat a králíků (Beaver, 1956) a přežívají několik týdnů ve zmrazených jatečně upravených tělech myší (Sprent, 1953). U kuřat a holubů, bylo zjištěno, že larvy mohou přežít po dobu alespoň 3 měsíců (Beaver, 1956).

Řada studií ukázala, že infekce škrkavkami rodu *Toxocara* může vyvolat změny v chování u myší jako modelů mezipřenositele. Infikované myši jsou méně aktivní a méně averzní k otevřeným plochám. V důsledku toho mají myši vyšší riziko přistižení predátory než neinfikovaná zvířata (Meyer zur Heyde, 1984; Cox, 1998; Cox, 2001; Hamilton et al. 2006).

Škrkavky rodu *Toxascaris*

Toxascaris leonina je parazit psů, koček a lišek. Dospělé škrkavky žijí v zažívacím traktu, uvolňují vajíčka do životního prostředí fekální cestou. Infekční stádium je vajíčko (Obr. 4) obsahující druhou fázi (second-stage) larvy. Této fáze je při optimálních podmínkách mimo hostitele dosaženo za tři-šest dní. Zárodky jsou infekční pro nového hostitele, po vylíhnutí proniknou stěnou střeva. *Toxascaris leonina* může nakazit různé hostitele, včetně myši a lidí. V těchto hostitelích jsou třetí vývojové stadium uložena v mnoha tkáních, zejména v játrech, plicích a kosterní svalovině. Pokud je člověk napaden larvami těchto hlístic, může to vyvolat těžký zánět a mechanické poškození orgánů. Příznaky tohoto onemocnění jsou zvětšení jater, horečka, úbytek hmotnosti a menší chuť k jídlu, přetrvávající kašel, astma nebo zápal plic (Cho, 2009). Nicméně, infekce škrkavkou *Toxocara canis* méně převládají u dospělých zvířat. Oproti tomu infekce škrkavkou *Toxascaris leonina* jsou častější u dospělých psů (Parsons, 1987). Většina hlístic napadá jen jednoho nebo dva hostitele a žijí ve střevech svých definitivních hostitelů. *Toxascaris leonina* je jedním ze známých střevních parazitů u psů a koček. Má velmi jednoduchý životní cyklus, který je odlišný od ostatních škrkavek. Pes nebo kočka, požře infekční vajíčka, z vajíček se líhnou larvy a dospívají v dospělé červy uvnitř stěn tenkého střeva, bez tkáňové migrace. Škrkavky ve střevě vstřebávají živiny z potravy zvířete, v rozporu s trávením, a může dojít k poškození sliznice střeva. Psi a kočky, kteří jsou mírně nakaženi *Toxascaris loenina* nemusejí vykazovat žádné příznaky onemocnění a to ve většině případů (Lee, 2009).

Obr. 4: Vajíčko *Toxascaris leonina*

Převzato z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Toxascaris_leonina



Další vybrané hlístice

Syphacia jsou roupy hlodavců, patřící mezi hlístice. Samci mají nápadné spikuly a zahnutý konec těla. Samičky mají pochvu umístěnou na přední čtvrtině těla. Vajíčka jsou asymetrická, více či méně zploštělá na jedné straně a mají tenké skořápky. Jejich životní cyklus je přímý a trvá pouze 11 až 15 dnů. Hostitelem mohou být laboratorní myši, krysy, křečci, pískomilové, a divocí hlodavci. *Syphacia oblevata* byla nalezena u člověka, ale nemá žádný význam pro veřejné zdraví.

Heligmosomoides polygyrus (Obr. 5) parazituje v tenkém střevě myšice křovinné a dalších hlodavců. Jedná se o druh hlístice, která je dlouhá 5 – 20 mm, má červenou barvu kvůli své pigmentaci. Jsou obvykle silně stočení, samice tvoří 12 – 15 cívek, samec 8 – 12. Mají přímý životní cyklus.

Obr. 5: Samička *Heligmosomoides polygyrus*

Převzato z: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Heligmosomoides.jpg>



Müller-Graf et al. (1999) zkoumali epidemiologii a genetickou variabilitu dvou parazitických hlístic *Heligmosomoides polygyrus* a *Syphacia stroma* parazitujících ve střevě myšice *Apodemus* spp. Oba druhy jsou paraziti stejného hostitele, mají přímý životní cyklus a jsou to gonochoristé. Nicméně, *Heligmosomoides polygyrus* má diploidní a *Syphacia stromatu* a haplodiploidní režim reprodukce. Haplodiploidy, pohlavní determinační systém, v němž se z neoplozených vajíček vyvinou samci a z oplozených samice, může vést k většímu počtu samic v poměru k počtu samců a snížení genetické variability. Úrovně genetické rozmanitosti byly analyzovány pomocí elektroforézy izoenzymu a RAPDs (random amplified polymorphic DNA). Oba parazité ukázali více samic v poměru pohlaví se silnějším vychýlením pro haplodiploid parazity. Výsledky ukázaly, podstatně méně genetických polymorfismů, měřeno RAPDs, pro haplodiploidního parazita *Syphacia stroma* ve srovnání s *Heligmosomoides polygyrus*. Přes pozorovaný vychýlený poměr samicího pohlaví nebylo možné vysvětlit značné množství příbuzenského křížení.

3.3 Působení parazita na hostitele

Široká škála parazitů může změnit chování jejich hostitele, včetně druhů jak lékařského, tak veterinárního významu, jako jsou např. *Diplostomum spathaceum*, *Echinococcus* spp. a *Toxoplasma gondii*. Parazité manipulují meziphostiteli proto, aby je získal cílový hostitel a to v důsledku změn jejich chování (Lagrue, 2010).

Některé druhy parazitů spoléhají na změnu chování meziphostitele, který je následně sežrán finálním hostitelem, ve kterém parazit může pokračovat ve vývoji. Parazit a jeho hostitel (meziphostitel) musí být na správném místě ve správný čas, aby parazit mohl být „předán“ dalšímu hostiteli. Výsledek je, že přirozený výběr upřednostnil parazity, kteří jsou schopni manipulovat s chováním svého hostitele (meziphostitele) (Lagrue, 2010).

Parazité mohou používat chemický sekret nebo jiné prostředky pro změnu hostitelova chování, takovým způsobem, který zvýhodňuje parazity tím, že zvyšuje jejich naději na přenos do dalšího hostitele. U některých těchto případů se může jednat o změny v hostitelském fenotypu, včetně vzniku nového chování (Lagrue, 2010).

Hlodavci, kteří byli napadeni svalovcem *Trichinella spiralis* nebo svalovkou *Sarcocystis cernae* jsou méně ostražití vůči dravcům, což usnadňuje přenos parazita k definitivnímu hostiteli (Lagrue, 2010).

U popsaných změn chování hostitele během infekce parazita se předpokládalo, že se jedná o adaptivní chování. Ovšem označení „adaptační“ je na základě spíše intuice než podložených faktů a kritérií. Změny v chování hostitele během infekce parazitem mohou být považovány za adaptivní, pokud splňují určité podmínky – (1) musí být komplexní, (2) musí vykazovat známky záměrné změny vzhledu, které jsou pravděpodobné, pokud vznikly nezávisle v několika liniích hostitelů nebo parazitů. Průzkum zveřejněných příkladů změn hostitelského chování naznačuje, že zatímco některé jsou složité a velmi dobře vybavené pro jejich předpokládanou funkci, většina z nich je jednoduchá pro zvýšení nebo snížení činnosti před infekcí. Jsou některé návrhy jako konvergentní evoluce ve změně chování vzdáleně příbuzných skupin hostitele nebo parazita (Poulin, 1995).

Změny v hostitelském chování po parazitární infekci jsou někdy přesně to, co bychom očekávali. Hostitel by se měl začít chovat způsobem, který je výhodou pro přenos parazita. To je znázorněno na změnách v hostitelském chování vyvolané *Toxoplasma gondii*, jak tento parazit může ovlivňovat svůj přenos do definitivního hostitele (Laguer, 2010).

Nedávné studie ukázaly, že chronická infekce *Toxoplasma gondii* může vyvolat změny v chování nakažených hostitelů. U hlodavců, *Toxoplasma gondii* způsobuje zvýšení aktivity, spolu s poklesem strachu z novosti a také úzkostné chování, z nichž všechny tyto věci mohou zvyšovat šanci přenosu na definitivního hostitele (Laguer, 2010).

Toxoplasma gondii infikované krysy ztratily přirozenou averzivní reakci na kočičí pach, zdá se, že jsou přitahovány k zápachu kočky, i přes to, že jiné poruchy chování a další zvláštnosti jako je sociální postavení a páření, zůstávají nezměněny (Laguer, 2010).

Hostitelé infikovaní parazity také často vykazují drastické změny fenotypu. Tento jev je zvláště významný u parazitických druhů, u nichž dokončení životního cyklu zahrnuje fázi trofického přenosu z mezihostitele k finálnímu hostiteli. Parazité s komplexními životními cykly, indukují fenotypové změny v jejich mezihostiteli, který má tendenci být víc náchylný k predaci finálním hostitelem (Cézilly et. al., 2010).

Latentní toxoplazmóza je častou infekcí v rozvinutých i rozvojových zemích, vyskytující se asi u 20 – 60 % populace. V lékařské terminologii je to asymptomatické u imunokompetentních osob, ale přibývají důkazy o jejích účincích na lidské chování.

Toxoplasma gondii má kočkovité šelmy jako své definitivní hostitele a prakticky všechna teplokrevná zvířata jako své mezihostitele. Je známo, že infekce může změnit chování hlodavců, což způsobuje sníženou úzkost, snížení rychlosti reakce, snížení strachu z novosti, nižší schopnost rozlišovat známé a nové prostředí, deficity v kapacitě učení

a paměti, snížení ostražitosti vůči dravcům, zvýšení aktivity a agresivity. Tyto změny v chování jsou často interpretovány z hlediska manipulační hypotézy, která tvrdí, že mezipřenositel je ovládán parazitem tak, aby se jeho chováním zvýšila pravděpodobnost, že parazit bude předán definitivnímu hostiteli prostřednictvím predace. Ve skutečnosti bylo pozorováno u potkanů, že byli snadněji odchyceni ti, kteří byli nakaženi prvokem *Toxoplasma gondii*. Bylo také prokázáno, že infekce související s některými druhy kokciidií, např. *Frenkelia* a *Sarcocystis*, zvyšuje riziko predace parazitovaných hlodavců. Bylo zjištěno, že u lidí nakažených *Toxoplasma* byl vyšší počet dopravních nehod. U rodu *Toxoplasma* bylo zjištěno, že může narušit psychomotorický výkon (prodloužení reakčních časů) lidských subjektů a má vliv na lidskou osobnost. Na rozdíl od změn v chování pozorované u zvířat a na změny psychomotorické výkonnosti u lidí, zřejmý rozdíl mezi pohlavími se objevil v modifikaci osobnostních rysů měřených pomocí dotazníku (Lindová, 2006).

3.4 Zoonózy

Zoonózy reprezentují širokou skupinu infekčních chorob, u kterých jsou rezervoárem různé druhy infikovaných zvířat, a to jak domácích, tak i volně žijících. Jejich charakteristickým znakem je, že se zásadně přenášejí ze zvířat na člověka (Roztočil, 2008).

Drobní savci jsou, stejně jako člověk, v řadě případů mezipřenositeli (*Echinococcus* spp.) nebo paratenickými hostiteli (*Toxocara* spp.) nebezpečných parazitů, níže jsou uvedeny ty nejzávažnější.

3.4.1 Echinokokóza

Alveolární echinokokóza (AE) je způsobena larválním stádiem tasemnice *Echinococcus multilocularis*, je jedním z nejvíce škodlivých helmintózních onemocnění. Jeho účinky jsou přisuzovány invazivnímu růstu larev parazita, které jsou umístěny převážně v játrech svého mezipřenositele, včetně člověka. Mezipřenositelé *Echinococcus multilocularis* se nakazí alveolární echinokokózou přes perorální požití vajíček parazita, která jsou ve stolici infikovaných definitivních hostitelů, především masožravců. Růst larev *Echinococcus multilocularis* se mění v závislosti na hostitelském druhu, a dokonce i mezi jednotlivými kmeny laboratorních myší (Jun, 2010). Mnoho vědců používá inbrední myši jako

experimentální modely AE pro studium souhry parazita a hostitele. Nicméně, průběh parazitního vývoje a reakce hostitele se značně liší u různých kmenů myší (Ryo et. al., 2011).

Interakce hostitel-parazit mezi larválním *Echinococcus multilocularis* a jeho mezihostitelem byla obvykle zkoumána pomocí sekundární alveolární echinokokózy, vstříknutím infekce do hostitelského zvířete. Tento způsob infekce je široce používán, protože to je relativně snadné a bezpečné, ale nereprodukuje se raná stádia vývoje parazita, ke kterému dochází během přirozené infekce prostřednictvím požití vajíček parazitů (označují se jako primární alveolární echinokokóza). V průběhu vývoje parazita se morfolgie a metabolismus parazita výrazně změní a u hostitele se odpověď liší v různých fázích infekce. Interakce hostitel-parazit vyskytující se v rané fázi infekce parazita, má určitý vliv na průběh pozdějších fází infekce alveolární echinokokózy (Jun, 2010).

3.4.1.1 Léčba echinokokózy

Maggiore (2012) prováděl výzkum, jehož cílem bylo určit účinnost esenciálních olejů máty peprné (*Mentha piperita*) a máty polej (*Mentha pulegium*) v umělých podmínkách proti *Echinococcus granulosus* a porovnat efektivnost obou olejů podle účinnosti za určitého času a koncentrace. Máta polej měla značně silnější účinnost než máta peprná. Esenciální olej máty polej účinkoval v závislosti na čase a dávce esenciálního oleje. Maximální účinnost byla pozorována po dvanácti dnech inkubace a dosáhla nula procent po osmnácti dnech. Tento nedostatek životaschopnosti se projevil během stanovení infekčnosti u myší. Esenciální olej máty peprné vytvořil pouze časově závislou účinnost. Po 24 dnech se životaschopnost protoscoleců snížila přibližně na 50 %. Skenování a přenos elektronovým mikroskopem ukázalo strukturální poškození vyvolané podáním esence. Na druhou stranu úbytek nadutosti byl zjištěn u všech cyst léčených mátou polej, respektive koncentrací dané esence. Byla analyzována vzájemná souvislost mezi intenzitou poškození a koncentrací esenciálních olejů.

Lidská echinokokóza je celosvětově zanedbané zoonotické parazitické onemocnění podle norem odůvodněných veřejnými zdravotními obavami. Cystická echinokokóza způsobená larválním stádiem *Echinococcus granulosus* chronická zoonotická infekce, která postihuje lidskou populaci a také domácí hospodářská zvířata (Maggiore, 2012).

V současné době jsou v použití tyto modifikace léčby: chirurgický zákrok, punkce, aspirace, respirace (vdechování – inhalace), chemoterapie s antiparazitikem a sledování

a čekání na nečinné cysty. Množství poznatků podporující kteroukoli ze čtyř léčebných metod je nedostatečné a výběr léčebné varianty pro pacienty zůstává sporný (Maggiore, 2012).

Kontrola helmintóz a obecně všech parazitických onemocnění je obvykle dělána syntetickými anthelmintiky. Avšak průmyslově vyráběná anthelmintika mají některé závažné nevýhody jako je nedostupnost v některých rozvojových zemích, náklady a rizika zneužití směřujících k rezistenci léku, znečištění životního prostředí a zbytky potravy. Tyto problémy podněcují výzkum alternativ, jako jsou medicínské rostlin (Maggiore, 2012).

Mnoho léků je původem bylinkové báze: před stoletím většina z těchto efektivních léků byla na bázi rostlin. Rozvoj léků z rostlin pokračuje ve spojení s lékárenskými společnostmi, které dělají farmakologické testování bylin. Farmaceutické vlastnosti aromatických rostlin částečně patří do esenciálních olejů. K dnešnímu dni esenciální oleje jsou prezentovány jako cenné terapeutické varianty proti množství nemocí. U několika esenciálních olejů a jejich složek bylo nalezeno, že mají anthelmintické účinky (Maggiore, 2012).

Listy, květy a stonek máty jsou často používány v bylinkových čajích nebo jako přísady ve směsích komerčně vyráběného koření pro mnoho druhů jídel, aby získali vůni a chuť. Rod *Mentha L.* zahrnuje více než 25 druhů převážně bylinky trvalé rostoucí divoce v mokřinách v oblastech Euroasie, Austrálie a jižní Afriky. Máta polej je jedna z druhů máty známá jako pennyroyal. Tradičně je používána jako antiseptikum pro léčbu nachlazení, cholery, otravy jídlem, bronchitidy, tuberkulózy a zánětu dutin. Antibakteriální efekt esenciálního oleje máty polej na omezené kmeny bakterií byl objeven v dřívějších studiích (Maggiore, 2012).

Máta peprná je bylinka trvalá pocházející z Evropy. Je dobře známá pro svou chuť a vůni, pro své pepermintové listy a esenciální oleje získávané z listů, jsou užívány v pokrmech, kosmetice a farmaceutických výrobcích. In vitro pepermint má významné antimikrobiologické a antivirové účinky, silný antioxidační a protinádorové účinky a některé protialergické potenciál (Maggiore, 2012).

3.4.2 Toxokaróza

Úzký vztah lidí s jejich domácími zvířaty poskytuje výhody, pokud jde o socializaci, duševní zdraví a dokonce i fyzickou pohodu (Paul et al., 2010). Ale vedle těchto výhod pro lidskou populaci, jsou zde také potenciální zdravotní rizika spojená s vlastnictvím

domácího mazlíčka. Kromě rizika poškrábání kousnutí, a alergie, kočky a psy v sobě mají střevní hlístice *Toxocara canis* a *Toxocara cati*, které mohou být přenášeny na člověka. Tito parazité mají orálně-fekální přenos a lidé se mohou nakazit také požitím larev ve špatně tepelně upraveném infikovaném orgánu nebo svalové tkáni (vzácně); nejčastější zdroj nákazy pochází z infekčních vajíček z kontaminované půdy (zahrady, pískoviště a hřiště); od nemytých rukou nebo syrové zeleniny, nebo přímým kontaktem s domácími mazlíčky (Hill et al., 2000; Robertson, 2002; Wolfe, 2003).

Hlístice čeledi Ascarididae rodu *Toxocara* a *Toxascaris* mají významnou epizootickou relevanci mezi savci z čeledí Canidae a Felidae. Lokalizace těchto hlístic v konečných hostitelích, jejich morfologie, jakož i velikost vajíček a dospělých červů jsou podobné. Nedávno, molekulární techniky poskytly alternativní přístupy k identifikaci druhů škrkavek. Společným rysem životního cyklu těchto parazitů je významná účast drobných savců. Několik studií ukazuje souběžný výskyt obou *Toxocara canis* a *Toxascaris leonina* u domácích i divokých psovitých šelem, stejně jako *Toxocara cati* a *Toxascaris leonina* u kočkovitých šelem. Přestože infekce člověka *Toxocara canis* a *Toxocara cati* jsou běžné po celém světě, larvy *Toxascaris leonina* mají také potenciál způsobit u člověka zoonózu (Okulewicz, 2012).

Toxokaróza je chronická parazitóza, která se vyskytuje po celém světě. Je to zanedbané onemocnění a představuje vysokou prevalenci zejména v rozvojových zemích. Tato parazitóza se vyznačuje migrací a uchovávání larev škrkavek u lidí a nejčastěji je s onemocněním spojována škrkavka *Toxocara canis*. Tito parazité se vyvíjejí ve střevě psů, koneční hostitelé kontaminují půdu vajíčky parazitů. Lidé a ostatní mezihostitelé, jako jsou myši, potkani, kuřata, jehňata, prasata aj., se nakazí toxokarózou požitím vajíček *Toxocara canis* obsahujícími infekční larvální stadium (Glickman, 1981). Tato zoonóza je hlavně řešena podáním anthelmintik psům, kteří jsou hlavním zdrojem infekce *Toxocara canis* pro člověka. Nicméně, léčba je obtížná vzhledem k výskytu různých klinických forem lidské toxokarózy, a proto je nutné hledání nových alternativ řešení (Smith et al., 2009).

3.4.2.1 Léčba toxokarózy

Toxokaróza je rozšířená zoonóza. Nákaza vzniká požitím vajíček *Toxocara*, které se dostávají do životního prostředí prostřednictvím stolice psů a koček. V mezihostitelích, jako jsou lidé a myši, vylíhlé larvy migrují systematicky v těle a mohou dosáhnout kritických míst,

jako je např. oko a také centrální nervový systém. Klinické projevy toxokarózy zahrnují dvě hlavní formy různé intenzity: viscerální a oční, stejně jako u několika orgánů má své specifické klinické projevy. Otázka léčby je věc obrovské polemiky, nejen kvůli omezené účinnosti anthelmintik, pokud jde o eradikaci parazita, ale také z důvodu pochybností o výhodách léčby, protože většina *Toxocara* infekcí odezní sama o sobě. Bylo provedeno mnoho studií na zvířatech na účinnost různých léků a léčebných režimů, avšak výsledky byly variabilní a nekonzistentní. Na druhé straně, je zkušenost v léčbě člověka však omezena vzhledem k nedostatku klinických zkoušek. To jsou problémy a úskalí léčby toxokarózy a nové trendy v léčbě jsou předmětem diskuzí (Othman, 2012).

Diagnóza lidské toxokarózy je založena na klinických, laboratorních testech a sero-diagnostické technice. ELISA a WB jsou v současné době nejvíce spolehlivé metody pro detekci protilátek a cirkulujících antigenů. Anti- *Toxocara* spp. protilátky měřené metodou ELISA přetrvávají až na 2,8 roku v infikovaných dospělých, jejich přítomnost sama nerozlišuje mezi současnou a minulou infekcí a neumožňuje pravděpodobnou nebo definitivní diagnózu klinicky relevantní toxokarózy (Overgaauw, 2012).

Léky s vysokým a širokým spektrem potenciálu proti dospělým hlísticím jsou v současné době k dispozici pro léčbu psů a koček. Nicméně, u komerčně doporučených dávek, žádný z nich neměl za následek téměř úplné odstranění tkáňové larvální fáze škrkavek rodu *Toxocara*, který je hlavním zdrojem vertikálního přenosu. Migrační larvy během prvního nebo druhého týdne infekce vykazují, že jsou náchylnější k činnosti léků než ty, které již byly ve svalech a na mozku (Fok, 1998).

3.4.2.2 Vliv probiotik na toxokarózu

Saccharomyces boulardii je nepatogenní kvasinka, u které je prokázáno, že zvyšuje gastrointestinální mikroflóru. Tato kvasinka je velmi často využívána jako protiotikum a často podávána jako doplněk stravy. *Saccharomyces boulardii* reguluje střevní mikrobiální homeostázu, ničí množství patogenů ve střevech, které by mohli dále infikovat sliznici střeva. Také napomáhá správným imunitním reakcím organismu (Kelesidis, 2012).

Několik studií ukázalo přínos používání probiotik v prevenci a léčbě nemocí, ale v málo z nich byl sledován vliv probiotik na parazitózy. V této studii, vliv *Boulardii cerevisiae* byl hodnocen na intenzitě infekce myši s toxokarózou. Zvířata byla krmena stravou

s přídavkem *Saccharomyces boulardii* po dobu 15 dnů před očkováním s vajíčky *Toxocara canis* a 2 nebo 60 dní po očkování. *Saccharomyces boulardii* podporovala snížení o cca 36 %, v průměrném počtu využitých larev *Toxocara canis*, což naznačuje, že může být používána jako alternativa ke kontrole toxokarózy (Costa de Avila, 2012).

Probiotika jsou živé mikroorganismy, které, pokud jsou podávány v přiměřeném množství, poskytují zdravotní výhody pro hostitele. Byla úspěšně používána při prevenci a léčení chorob (Htwe et al., 2008). Nejčastěji používaná probiotika jsou bakterie mléčného kvašení, jako jsou například laktobacily a bifidobakterie, a *Saccharomyces boulardii* kvasinky. *Saccharomyces boulardii* snižuje průjem a hospitalizaci pacienta a funguje jako imunostimulant ve střevní sliznici (Jawhara, 2007).

Jen málo studií s probiotiky bylo provedeno k vyhodnocení vlivu na parazitární onemocnění. Příznivé účinky mají *Enterococcus faecium* a *Lactobacillus johnsonii*, včetně snížení počtu trofozoitů u infekce *Giardia intestinalis*. Ochranný účinek byl také demonstrován na účinku probiotika *Lactobacillus casei*, který snížil parasitemia (kvantitativní počet parazitů v krvi) u zvířat infikovaných *Plasmodium chabaudi* (Costa de Avila, 2012).

Účinky podaných dostupných léků pro léčbu toxokarózy jsou obecně neuspokojivé a vyžadují studie, případně kontrolní zhodnocení účinnosti stávajících léků, stejně jako nové třídy anthelmintik. Kombinace probiotik s konvenčními léky pro léčbu některých parazitických nemocí ukázala slibné výsledky. U pacientů s infekcí *Entamoeba histolytica* a užívajících *Saccharomyces boulardii* s léčbou metronidazolem byly prokázány významné výsledky ve snižování délky trvání průjmu a přítomnosti cyst ve stolici. To znamená, že použití *Saccharomyces boulardii* spojené s anthelmintiky by rovněž mohla posílit řešení toxokarózy (Costa de Avila, 2012).

4 Závěr

Parazité, kteří mají jako svého mezihostitele drobné savce, mohou být nebezpeční i pro člověka, který může být také jejich mezihostitelem popř. paratenickým hostitelem. Velké nebezpečí představují zoonózy jako je echinokokóza a toxokaróza.

Zajímavým poznatkem je působení esenciálních olejů máty peprné a máty polej při léčbě cystické echinokokózy, kde bylo zjištěno, že způsobují úbytek cyst až o několik procent. Což přináší jednu z možností léčby cystické echinokokózy. Oproti tomu u toxokarózy lze využívat působení probiotik, které obnovují střevní mikroflóru a tlumí infekci.

Cílem této práce bylo shromáždit nové poznatky o drobných savcích jako mezihostitelích vybraných parazitů. Práce ukázala nové poznatky především v oblasti působení parazita na svého hostitele a jeho schopnost měnit hostiteli chování ve svůj prospěch. Parazitický prvek *Toxoplasma gondii* má výrazný vliv na chování svého mezihostitele, který svým chováním umožní snadnější přenos parazita do finálního hostitele. Působí tak hlavně na myši, které díky tomu přestávají mít přirozený strach z predátorů, jsou pomalejší a dochází častěji k jejich ulevení finálním hostitelem, tedy kočkou.

Práce umožnila seznámit se blíže s onemocněními, které způsobují prvek *Toxoplasma gondii*, tasemnice měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*) a škrkavek rodu *Toxocara* a *Toxascaris*.

5 Seznam literatury

- Abo - Shehada M.N.; Herbert I.V. 1984a: The migration of larval *Toxocara canis* in mice II. Post-intestinal migration in primary infections. *Veterinary Parasitology* 17 (1): 75-83
- Barriga O.O. 1988: A critical look at the importance, prevalence and control of toxocariasis and the possibilities of immunological kontrol. *Veterinary Parasitology* 29 (2-3): 195-234
- Beaver P.C. 1956: Larva migrans. *Experimental Parasitology* 5 (6): 587-621
- Boes J.; Helwich A.B. 2000: Animal models of intestinal nematode infections of humus. *Parasitology* 121: S97–S111
- Burren C.H. 1968: Experimental toxocariasis I. Some observations on the histopathology of the migration of *Toxocara canis* larvae in the mouse. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 30 (2): 152-161
- Cézilly F; Thomas F; Médoc V; Perrot-Minnot M. 2010: Host-manipulation by parasites with complex life cycles: adaptive or not?. *Trends in Parasitology* 26 (6): 311-317
- Cox D.M.; Holland C.V. 1998: The relationship between numbers of larvae recovered from the brain of *Toxocara canis*-infected mice and social behaviour and anxiety in the host. *Parasitology* 116 (6): 579-594
- Cox D.M.; Holland C.V. 2001: Relationship between three intensity levels of *Toxocara canis* larvae in the brain and effects on exploration, anxiety, learning and memory in the murine host. *Journal of Helminthology* 75 (1): 33-41
- Dubey J.P. 1978: Patent *Toxocara canis* infection in ascarid-naïve dogs. *The Journal of Parasitology* 64 (6): 1021-1023

- Fok E.; Kassai T. 1998: *Toxocara canis* infection in the paratenic host: a study on the chemosusceptibility of the somatic larvae in mice. *Veterinary Parasitology* 74 (2-4): 243-259
- Gaisler J.; Zima J. 2007: *Zoologie obratlovců*: 585 – 591. ISBN: 9788020014849
- Glickman L.T.; Schantz P.M. 1981: Epidemiology and pathogenesis of zoonotic toxocariasis. *Epidemiologic Reviews* (3): 230-250
- Gomez Villafane I.E.; Robles M.R.; Busch M. 2008: Helminth communities and host – parasite relationships in argentine brown rat (*Rattus norvegicus*). *Helminthologia* 45 (3): 126 – 129
- Greve J. H. 1971: Age resistance to *Toxocara canis* in ascarid-free dogs. *American Journal of Veterinary Research* 32 (8): 1185-1192
- Hamilton C.M.; Stafford P.; Pinelli E.; Holland C. V. 2006: A murine model for cerebral toxocariasis: characterization of host susceptibility and behaviour. *Parasitology* 132 (6): 791-801
- Hanosset R.; Saegerman C.; Adant S.; Massart L.; Losson B. 2008: *Echinococcus multilocularis* in Belgium: Prevalence in red foxes (*Vulpes vulpes*) and in different species of potential intermediate hosts. *Veterinary Parasitology* 151 (2-4): 212-217
- Haukisalmi V.; Henttonen H.; Batzli O. 1995: Helminth parasitism in the voles *Microtus oeconomus* and *M. miurus* on the North slope of Alaska: host specificity and the effects of host sex, age and breeding status. *Ann Zool. Fennici*, 32: 193 – 201
- Havasiová-Reiterová K.; Tomasovicová O.; Dubinský P. 1995: Effect of various doses of infective *Toxocara canis* and *Toxocara cati* eggs on the humoral response and distribution of larvae in mice. *Parasitology Research* 81 (1): 13-17
- Hill S.L.; Cheney J.M.; Taton-Allen G.F.; Reif J.S.; Bruns C.; Lappin M.R. 2000: Prevalence of enteric zoonotic organisms in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 216 (5): 687-692

Htwe K.; Khin S.Y.; Tin M.; Vandenplas Y. 2008: Effect of *Saccharomyces boulardii* in the treatment of acute watery diarrhea in Myanmar children: A randomized controlled study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 75 (2): 214-216

Cho M.K.; Lee K.H.; Lee S.J.; Kang S.W.; Ock M.S.; Hong Y.Ch.; Lee Y.S.; Yu H.S. 2009: Identification of host immune regulation candidate genes of *Toxascaris leonina* by expression sequenced tags (ESTs) analysis. *Veterinary Parasitology* 164 (2-4): 242-247

Ito K.; Sakaei K.; Okajima T.; Ouchi K.; Funakoshi A.; Nishimura J.; Ibayashi H.; Tsuji M. 1986: Three cases of visceral larva migrans due to ingestion of raw chicken or cow liver (in Japanese). *Journal Nihon Naika Gakkai* 75 (6): 759-766

Jawahara S.; Poulain D. 2007: *Saccharomyces boulardii* decreases inflammation and intestinal colonization by *Candida albicans* in a mouse model of chemically-induced colitis. *Medical Mycology* 45 (8): 691-700

Jun M.; Hirokazu K.; Yuzaburo O.; Kinpei Y. 2010: Primary alveolar echinococcosis: Course of larval development and antipody responses in intermediate host rodents with different genetic backgrounds after oral infection with eggs of *Echinococcus multilocularis*. *Parasitology International* 59 (3): 435-444

Kayes S.G.; Omholt P.E.; Grieve R.B. 1985: Immune responses of CBA/J mice to graded infections with *Toxocara canis*. *Infection and Immunity* 48 (3): 697-703

Kelesidis T. 2012: Efficacy and safety of the probiotic *Saccharomyces boulardii* for the prevention and therapy of gastrointestinal disorders. *Therap Ady Gastroenterol* 5 (2): 11-125

Laguerre C.; Paulin R. 2010: Manipulative parasites in the world of veterinary science: Implications for epidemiology and pathology. *The Veterinary Journal* 184 (1): 9-13

Lee K.L.; Park H.K.; Jeong H.J.; Park S.K.; Lee S.J.; Choi S.H.; Cho M.K.; Ock M.S.; Hong Y.; Yu H.S. 2009: Immunization of proteins from *Toxascaris leonina* adult worm inhibits allergic specific Th2 response. *Veterinary Parasitology* 156 (3-4): 216-225

Lindová J.; Novotná M.; Havlíček J.; Jozífková E.; Skallová A.; Kolbeková P.; Hodný Z.; Kody P.; Flegr J. 2006: Gender differences in behavioural changes induced by latent toxoplasmosis. *International Journal for Parasitology* 38 (14): 1485-1492

Maggiore A.M. 2012: Anthelmintic effect of *Mentha* spp. essential oils on *Echinococcus granulosus* protoscoleces and metacestodes. *Parasitol Res* 102: 1103-1112

Meyer zur Heyde, A.A.M. 1984: Die Einflüsse einer chronischen Infektion mit *Toxocara canis* WERNER 1782 (Anisakidae) auf das Verhalten von Mäusen. Doctoral Thesis: 1–85

Mugridge N.B.; Morrison D.A.; Johnson A.M.; Luton K.; Dubey J.P.; Votýpka J.; Tenter A.M. 1999: Phylogenetic relationships of the genus *Frenkelia*: a review of its history and new knowledge gained from comparison of large subunit ribosomal ribonucleic acid gene sequences. *International Journal for Parasitology* 29 (6): 957-972

Müller-Graf C.D.; Durand P.; Feliu C.; Hugot J.P.; O'Callaghan C.J.; Renaud F.; Santalla F.; Morand S. 1999: Epidemiology and genetic variability of two species of nematodes (*Heligmosomoides polygyrus* and *Syphacia stroma*) of *Apodemus* spp.. *Parasitology* 118 (4): 425-432

Okoshi S.; Usui M. 1968: Experimental studies on *Toxascaris leonina*. IV. Development of eggs of three ascarids, *T. leonina*, *Toxocara canis* and *Toxocara cati*, in dogs and cats. *The Japanese journal of veterinary science* 30 (1): 29-38

Okulewicz A.; Perek-Matysiak A.; Bunkowska K.; Hildebrand J 2012: *Toxocara canis*, *Toxocara cati* and *Toxascaris leonina* in wild and domestic carnivores. *Helminthologia* 49 (1): 3-10

Ollero M.D.; Fenoy S.; Cuéllar C.; Guillén J.L.; Aguila del C. 2008: Experimental toxocarosis in BALB/c mice: Effect of the inoculation dose on brain and eye involvement. *Acta Tropica* 105 (2): 124-130

- Oshima T. 1976: Observations of the age resistance, eosinophilia, and larval behavior in the helminth-free Beagles infected with *Toxocara canis*. The Journal of Parasitology 447 (4): 447-455
- Othman A. A. 2012: Therapeutic battle against larval toxocariasis: Are we still far behind?. Acta Tropica 124 (3): 171-178
- Overgaauw P.; Knapen F. 2012: Veterinary and public health aspects of *Toxocara* spp. Veterinary Parasitology 193 (4): 398-403
- Overgaauw P.A. 1997: Aspects of *Toxocara* epidemiology: toxocarosis in dogs and cats. Critical Reviews on Microbiology 23 (3): 233-251
- Parsons J.C. 1987: Ascarid infections of cats and dogs. Veterinary Clinics of North America – Small Animal Practice 17 (6): 1307-1339
- Paul M.; King L.; Carlin E.P. 2010: Zoonoses of people and their pets: a US perspective on significant pet-associated parasitic diseases. Trends in Parasitology 26 (4): 153-154
- Poulin R. 1995: “Adaptive” changes in the behaviour of parasitized animals: A critical review. International Journal for Parasitology 25 (12): 1371-1383
- Robertson I.D.; Thompson R.C. 2002: Enteric parasitic zoonoses of domesticated dogs and cats. Microbes and Infection 4 (8): 867-873
- Roztočil A. 2008: Moderní porodnictví. Grada Publishing a.s. 405 s. ISBN: 9788024719412
- Ryo N.; Kameda Y.; Kouguchi H.; Matsumoto J.; Dang Z.; Simon A.Y.; Torigoe D.; Sasaki N.; Oku Y.; Sugimoto Ch.; Agui T.; Yagi K. 2011: Identification of genetic loci affecting the establishment and development of *Echinococcus multilocularis* larvae in mice. International Journal for Parasitology 41 (11): 1121-1128

- Saeed S.; Kapel C.M. 2006: Population dynamics and epidemiology of *Toxocara canis* in Danish red foxes. *Journal of Parasitology* 92 (6): 1196-1201
- Sasmal N.K.; Acharva S.; Laha R. 2008: Larval migration of *Toxocara canis* in piglets and transfer of larvae from infected porcine tissue to mice. *Journal of Helminthology* 82 (3): 245-249
- Schacher J. F. 1957: A contribution to the life history and larval morphology of *Toxocara canis*. *Journal of Parasitology* 43: 599-610
- Schnieder T.; Laabs E.; Welz C. 2011: Larval development of *Toxocara canis* in dogs. *Veterinary Parasitology* 175 (3-4): 193-206
- Schwarzenbach G.A.; Hegglin D.; Stieger C.; Deplazes P.; Ward P.I. 2004: An experimental field approach to parasitism and immune defence in voles. *Parasitology* 129 (1): 93-99
- Smith H.; Holland C.; Tylor M.; Magnaval J.F.; Schantz P.; Maizels R. 2009: How common is human toxocariasis? Towards standardizing our knowledge. *Trends in Parasitology* 25 (4): 182-188
- Sprent J. F 1952: On the migratory behavior of the larvae of various *Ascaris* species in white mice. I. Distribution of larvae in tissues. *The Journal of infectious diseases* 90 (2): 165-176
- Sprent J. F. 1953: On the migratory behavior of the larvae of various *Ascaris* species in white mice. II. Longevity of encapsulated larvae and their resistance to freezing and putrefaction. *The Journal of infectious diseases* 92 (2): 114-117
- Sprent J. F. 1955: On the invasion of the central nervous system by nematodes. II. Invasion of the nervous system in ascariasis. *Parasitology* 45 (1-2): 41-55
- Sreekumara C.; Vianna M.C.B.; Hill D.E.; Miska K.B.; Lindquist A.; Dubey J.P. 2005: Differential detection of *Hammondia hammondi* from *Toxoplasma gondii* using polymerase chain reaction. *Parazitology International* 54 (4): 267-269

Strube Ch.; Heuer L.; Janecek E 2013: *Toxocara* spp. infections in paratenic hosts. *Veterinary Parasitology* 193 (4): 375-389

Volf P.; Horák P.; Čepička I.; Flegr J.; Lukeš J.; Mikeš L.; Svobodová M.; Vávra J.; Votýpka P. 2007: *Paraziti a jejich biologie*. TRITON. Praha. 318 s. ISBN: 9788073870089

Webster G.A. 1958a: A report on *Toxocara canis* Werner, 1782. *Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science* 22: 272-279

Webster G.A. 1958b: On prenatal infection and the migration of *Toxocara canis* Werner, 1782 in dogs. *Canadian Journal of Zoology* 36 (3): 435-440

Wolfe A.; Wright I.P 2003: Human toxocariasis and direct contact with dogs. *Veterinary Record* 152 (14): 419-422