

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Nedostatečně tepelně upravená svalovina a její parazitární rizika**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Kateřina Schmidtová**

**Obor studia: Výživa a potraviny ATZD**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Ivana Jankovská, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Nedostatečně tepelně upravená svalovina a její parazitární rizika" 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 \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování mé bakalářské práce věnovala.

# Nedostatečně tepelně upravená svalovina a její parazitární rizika

## Souhrn

Tato bakalářská práce s názvem „Nedostatečně tepelně upravená svalovina a její parazitární rizika“ pojednává o parazitech přenosných na člověka konzumací masa, které nebylo dostatečně tepelně ošetřeno. Jedná se především o maso hovězí, vepřové a drůbeží, tedy globálně nejčastěji konzumované lidmi. Parazitární infekce z potravin zůstávají celosvětově významnou příčinou závažných onemocnění, která mohou mít i fatální následky pro lidský organismus.

Hlavním tématem této práce je detailní charakteristika zoonotických parazitů náležících do rodů *Sarcocystis*, *Toxoplasma*, *Taenia* a *Trichinella*. Dále se tato práce zabývá reálným působením a prevalencí parazitů ve světě i v České republice, blíže vysvětluje úlohu člověka jako potencionálního hostitele a popisuje možné zdravotní komplikace zapříčiněné přítomností parazitů v těle. Zaměřuje se také na běžné způsoby rozpoznání a léčby onemocnění, vzniklých přítomností parazitů v lidském organismu a v neposlední řadě i způsoby, jak lze parazitózám předcházet. Nákaza těmito organismy nemusí vždy vyvolávat pouze symptomy projevující se sníženou vitalitou hostitele, ale jako v případě toxoplazmózy se infekce může projevovat i poruchami či změnami osobnosti a chování.

Díky své významnosti a prioritě v oblasti veřejného zdraví jsou zde okrajově uvedena i onemocnění způsobená larválními stádii parazitů rodů *Sarcocystis* a *Taenia*, která jsou vylučována pomocí výkalů hostitele a kontaminují vodu nebo potraviny. Pozřením těchto stádií parazitů vznikají u lidí závažná onemocnění, a to konkrétně svalová sarkocystóza a cysticerkóza.

Riziko přenosu těchto parazitárních infekcí je omezováno především správnou hygienou chovu a veterinární kontrolou jatečných zvířat. Nicméně v některých případech, kdy inspekce masa neprobíhá, nebo není dostatečně citlivá, například u parazitů, kteří jsou pouhým okem neviditelní, je jediným opravdu účinným opatřením, jak zabránit infekci lidí, dostatečná tepelná úprava masa.

**Klíčová slova:** svalovina, svalovec, svalovka, tasemnice, parazit, boubel

# Insufficiently heat-treated meat and its parasitological risks

## Summary

This bachelor thesis named "Insufficiently heat-treated meat and its parasitological risks" discusses about parasites transferable on to human by insufficiently heat treated meat consumption. It's primarily beef, pork and poultry meat, which is most commonly consumed by humans. Parasitic food infections are still major cause of severe diseases worldwide, sometimes leading to fatal consequences on human organism.

Main topic of this thesis is detailed characteristics of zoonotic parasites belonging to genera of *Sarcocystis*, *Toxoplasma*, *Trichinella* and *Taenia*. Next, this thesis is about real cause and prevalence of parasites worldwide and in Czech Republic, further, this thesis explains the role of man as potential host and explicates possible health complications caused by the presence of parasites in the human body. Thesis also focuses on common ways of diagnosing and treating diseases arising from the presence of parasites in the human body and last, but not least, the ways to prevent parasitosis. Contagion by these organisms does not always cause only symptoms manifested by decreased vitality of the host, but as in the case of toxoplasmosis, the disease can also manifest by disorders or changes in personality and behaviour.

Due to its importance and priority in the area of public health, diseases caused by larval stages of the *Sarcocystis* and *Taenia* parasites, which are excreted by host faeces and contaminate water or food, are also marginally mentioned. By eating these stages of parasites, people develop serious illnesses, namely muscle sarcocystosis and cysticercosis.

The risk of transfer of these diseases is mainly limited by good hygiene during breeding, veterinary control of animals for slaughter. In some cases, when meat is not inspected, or when it is not thorough enough, for example to parasites that are invisible to bare eye, the only effective measure to prevent human disease is sufficiently heat treatment of the meat.

**Keywords:** meat, *Sarcocystis*, *Trichinella*, tapeworm, parasit, cysticercosis

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Rod <i>Sarcocystis</i>.....</b>	<b>3</b>
3.1.1 Životní cyklus.....	3
3.1.2 Lidé jako mezihostitelé .....	4
3.1.3 Lidé jako definitivní hostitelé.....	6
3.1.4 Symptomy, diagnostika a léčba intestinální sarkocystózy.....	6
3.1.5 <i>Sarcocystis hyedorni</i> .....	7
3.1.6 <i>Sarcocystis hominis</i> .....	8
3.1.7 <i>Sarcocystis sui hominis</i> .....	8
3.1.8 Výskyt svalovek v České republice.....	9
<b>3.2 Rod <i>Toxoplasma</i>.....</b>	<b>9</b>
3.2.1 Životní cyklus.....	10
3.2.2 <i>Toxoplasma gondii</i> a člověk.....	12
3.2.3 Symptomy, diagnostika a léčba lidské toxoplazmózy.....	13
3.2.4 Vliv latentní toxoplazmózy na lidskou osobnost .....	15
3.2.5 Výskyt <i>Toxoplasma gondii</i> v ČR u zvířat konzumovaných lidmi .....	17
<b>3.3 Rod <i>Taenia</i> .....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Životní cyklus.....	18
3.3.2 Tasemnice rodu <i>Taenia</i> a člověk.....	19
3.3.3 Symptomy, diagnostika a léčba lidské teniózy .....	20
3.3.4 <i>Taenia solium</i> .....	20
3.3.5 <i>Taenia saginata</i> .....	22
3.3.6 <i>Taenia asiatica</i> .....	23
<b>3.4 Rod <i>Trichinella</i> .....</b>	<b>24</b>
3.4.1 Životní cyklus.....	24
3.4.2 Svalovci rodu <i>Trichinella</i> a člověk .....	26
3.4.3 Symptomy, diagnostika a léčba lidské trichinelózy .....	27
3.4.4 <i>Trichinella spiralis</i> a nádorová onemocnění .....	28
<b>3.5 Prevence parazitárních infekcí lidí.....</b>	<b>29</b>
3.5.1 Kontrola jatečných zvířat <i>post mortem</i> .....	30
3.5.2 Hygiena a tepelná úprava masa.....	31
<b>4 Závěr .....</b>	<b>33</b>
<b>5 Literatura .....</b>	<b>35</b>

# 1 Úvod

Maso hraje v jídelníčku člověka velmi důležitou roli. Je především zdrojem hodnotných bílkovin, vitamínů a některých minerálních látek. Jeho nedostatek či špatné nahrazování biologicky významných látek v něm obsažených, může mít negativní dopad na lidské zdraví. Na druhou stranu je svalovina jatečných zvířat rezervoárem řady mikroorganismů způsobujících nemoci z potravin a organismů jako jsou parazité, kteří mohou v těle člověka způsobit nejednu závažnou komplikaci a v některých případech dokonce smrt.

Parazitární druhy a rody, které jsou zde uvedeny, infikují člověka požitím nedostatečně tepelně upraveného masa. Mezi parazity, kteří jsou přenášeni pomocí svých larválních stádií obsažených v nedostatečně tepelně upravené svalovině savců a ptáků, běžně konzumovaných lidmi, patří organismy náležící do rodů *Sarcocystis*, *Toxoplasma*, *Taenia* a *Trichinella*. Lidé se nakazí požitím syrového nebo nedokonale tepelně opracovaného masa, které je infikováno těmito parazity. Tito parazité mohou v těle člověka způsobit mnoho závažných zdravotních komplikací, ať už se jedná o zdraví fyzické, které mohou mít mnohdy fatální následky, nebo zdraví psychické. Parazité přenosní na člověka konzumací nedostatečně tepelně upravené svaloviny hrají tedy zásadní roli v oblasti veřejného zdraví. Bohužel tradice konzumovat syrové maso v některých oblastech světa stále přetrvává.

Ve většině zemí jsou učiněna opatření, jejichž cílem je snížit riziko infekce člověka. Patří mezi ně například inspekce jatečně upravených těl a vzdělávání občanů v oblasti správného ošetření masa a masných výrobků před konzumací. Nicméně v některých oblastech světa velká část jatečně upravených těl inspekci uniká, protože není uskutečňována, nebo proto, že zvířata nejsou porážena na jatkách.

Jedním z nejúčinnějších způsobů, jak zabránit přenosu parazita na člověka patří v první řadě dostatečná tepelná úprava masa, kdy v produktu musí být dosažena odpovídající teplota, která parazity usmrtí. Vzhledem ke globalizaci a velkému rozvoji cestovního ruchu spojeného s cestováním do rozvojových zemí, které bývají často ohnisky těchto nákaz, je třeba dbát na dodržování zásad v prevenci parazitických infekcí.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat podle nejnovějších vědeckých poznatků literární rešerši na téma „Nedostatečně tepelně upravená svalovina a její parazitární rizika“.



## 3 Literární rešerše

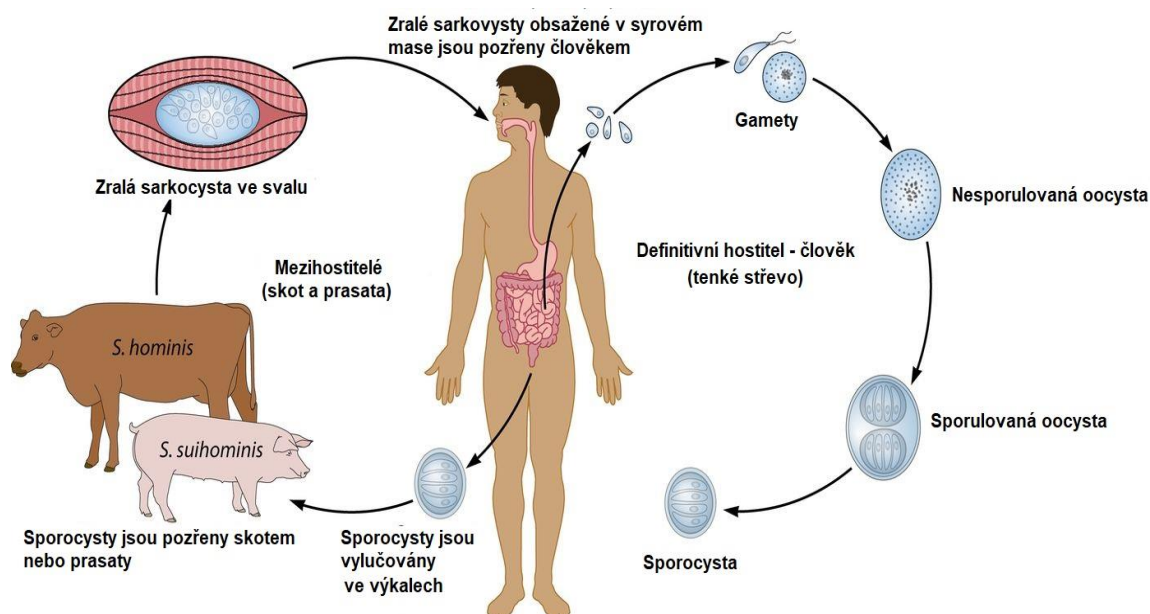
### 3.1 Rod *Sarcocystis*

Tito celosvětově rozšíření protozoální parazité se striktně dvouhostitelským životním cyklem postihují širokou škálu studenokrevných i teplokrevných živočichů, včetně člověka a způsobují onemocnění zvané sarkocystóza. V rámci životního cyklu tohoto parazita se definitivní hostitelé zpravidla nakazí požitím sarkocyst obsažených v kontaminované svalové tkáni mezihostitelů. Konzumace nedostatečně tepelně upraveného masa, nejčastěji hovězího a vepřového, které je infikováno *Sarcocystis* sp. může způsobovat střevní sarkocystózu i u lidí (Dubey et al. 2015).

V současné době existuje 196 druhů svalovek rodu *Sarcocystis*, které se liší patogenitou, hostitelskou specifitou, strukturou nebo lokalizací cyst v hostiteli, ale úplné životní cykly jsou známy pouze u 26 z nich (Dubey et al. 2016). Většina druhů svalovek (*Sarcocystis*) infikuje specifické hostitele nebo blízké příbuzné druhy hostitelů. Například definitivními hostiteli pro *Sarcocystis hominis* Railliet & Lucet, 1891 a *Sarcocystis suihominis* Tadros & Laarman, 1976 jsou lidé, ale i někteří primáti (Fayer 2004).

#### 3.1.1 Životní cyklus

Svalovky rodu *Sarcocystis* jsou parazitičtí prvoci, jejichž vývojový cyklus (Obrázek 1) je obligátně dvouhostitelský a je založen na hostitelském vztahu kořist – predátor (Fayer 2004). Infekce definitivního hostitele nastává po pozření syrové svalové tkáně, která je kontaminována sarkocystami. V sarkocystách jsou přítomny infekční bradyzoity, kteří prochází gastrointestinálním traktem definitivního hostitele, pronikají do intestinálního epitelu tenkého střeva, kde vyvíjí se do sexuálních stádií – samičí a samčí gamonty (makrogametocyty a mikrogametocyty). Poté dochází k oplodnění a vznikají oocysty, které sporulují v oblasti *lamina propria*. Oocysty obsahují dvě sporocysty, každá se čtyřmi sporozoity. Jednotlivé sporocysty jsou vylučovány z těla ve výkalech. Tenká stěna oocyst se často protrhává a výsledkem je uvolňování jednotlivých sporocyst ve stolici definitivního hostitele. Jednotlivé uvolněné sporocysty tedy obsahují čtyři sporozoity. Oocysty i jednotlivé sporocysty mohou být pozorovány ve stolici organismů s intestinální (střevní) sarkocystózou (Jorgensen et al. 2015).



**Obrázek 1** Životní cyklus *Sarcocystis hominis* a *Sarcocystis suis hominis* (upraveno podle Fayer et al. 2015)

Mezihostitel se nakazí fekálně-orální cestou sporocystami přítomnými v potravě nebo ve vodě, ze kterých se v tenkém střevě uvolňují sporozoiti. Ti pronikají přes sliznici tenkého střeva do cévních endotelií, kde se procesem endopolygonie formují dvě generace merontů obsahující 50 až 100 merozoitů. Meronti se nacházejí v cytoplasmě hostitelské buňky, kde se v nich vyvíjí velké polypoidní jádro, které se rozpadá na merozoity. Merozoiti druhé generace následně tvoří ve svalových vláknech a v mozku tkáňové cesty, takzvané sarkocysty, což vede k onemocnění zvanému svalová sarkocystóza. Mladé sarkocysty obsahují metrocyty (mateřské buňky), které jsou později nahrazeny cystozoity banánovitého tvaru. Zralé sarkocysty jsou vřetenovitého tvaru a obsahují komůrky oddělené přepážkami, ve kterých se nacházejí cystozoiti infekční pro definitivního hostitele (Jíra 2009).

### 3.1.2 Lidé jako mezihostitelé

Lidé mohou sloužit jako mezihostitelé pro zatím neznámý počet druhů rodu *Sarcocystis*. Nákaza je možná požitím potravin nebo vody kontaminovaných sporocystami, které jsou vylučovány s výkaly definitivních hostitelů a u mezihostitelů způsobují propuknutí onemocnění, známé jako svalová sarkocystóza. Jelikož člověk doposud nebyl popsán jako privilegovaný mezihostitel žádného druhu *Sarcocystis*, slouží v takových případech jako náhodný, aberantní mezihostitel, nahrazující mezihostitele, kteří se nacházejí běžně v přírodě a jsou bezprostředně ohroženi infekcí (Fayer et al. 2015). Na základě pravděpodobnosti, že jeden druh svalovky rodu *Sarcocystis* může infikovat více úzce souvisejících hostitelských

druhů, lze očekávat, že některé druhy *Sarcocystis*, které infikují primáty, budou schopny infikovat i lidi (Tian et al. 2012). To platí pro *Sarcocystis nesbitti* Mandour, 1969, druh, který byl nalezen ve svalech makaků v Malaisii (Yang et al. 2005). Jeho definitivní hostitel je stále neznámý, ale předpokládá se, že jako definitivní hostitel by mohl sloužit doposud neznámý druh hada. U infekce zprostředkované *Sarcocystis nesbitti* mezihostitelé, včetně lidí, pohlcují sporocysty pomocí kontaminovaných potravin nebo vody (Chang et al. 2014). *Sarcocystis nesbitti* byla v roce 2017 izolována z výkalů krajty ametystové ze vzorků z Austrálie, což vyvrací hypotézu, že *Sarcocystis nesbitti* je endemická pro oblast Malajsie. Tato skutečnost by díky tomu, že člověk může sloužit jako mezihostitel pro tento druh svalovky, mohla mít vážný dopad na veřejné zdraví (Wassermann et al. 2017).

Klinické příznaky svalové sarkocystózy u lidí byly poprvé popsány v Malaisii, kde se u 7 z 15 amerických vojáků vyvinulo akutní onemocnění spočívající v horečce, myalgii, bronchospasmu, prchavých svrbivých vyrážkách, přechodné lymfadenopatii (zvětšení lymfatických uzlin), eozinofilii (zvýšený počet eozinofilů nad fyziologickou hodnotu), zvýšené sedimentaci erytrocytů a zvýšené hladiny svalové kreatininkinázy. Druh svalovky v tomto případě nebyl jednoznačně identifikován, pravděpodobně se však jednalo o *Sarcocystis nesbitti* (Dubey et al. 1999). Skupina 92 vysokoškolských studentů a učitelů se nacházela na ostrově Pangkor, u západního pobřeží poloostrova Malajsie. Po nástupu příznaků u mnoha účastníků, bylo provedeno vyšetření, jež nakonec označilo za příčinu vzniku této infekce svalovku *Sarcocystis nesbitti*. V průměru 9 až 11 dní po návratu z této oblasti 97 % účastníků onemocnělo. Horečka se projevila u 57 % osob, myalgie (bolest svalů) byla přítomna u 91 % pacientů. Mezi další příznaky patřily obličejové otoky a myositidy (zánětlivá onemocnění svalů) čelistí, které se projevily u 10 % pacientů. Svalovka *Sarcocystis nesbitti* byla identifikována pomocí PCR (polymerázová řetězová reakce) u pacientů, kteří byli ochotni podstoupit biopsii svalů, ve 3 ze 4 vzorků. Jedná se o největší výskyt svalové sarkocystózy u člověka, který byl u lidí kdy zaznamenán (Italiano et al. 2014).

### 3.1.3 Lidé jako definitivní hostitelé

Svalovky rodu *Sarcocystis* vyžadují mezihostitele a definitivního hostitele k tomu, aby mohly dokončit svůj životní cyklus. Lidé mohou sloužit jako definitivní hostitelé po konzumaci syrové nebo nedostatečně tepelně upravené svaloviny mezihostitele, která obsahuje infekční sarkocysty. Po požití sarkocysty a následném rozvoji infekce vzniká onemocnění zvané intestinální (střevní) sarkocystóza (Fayer et al. 2015). Ve svalovině skotu se běžně vyskytují dva zoonotické druhy, šířící se ze zvířete na člověka, a tudíž pro člověka nebezpečné – *Sarcocystis hominis* a *Sarcocystis hyedorni*. Ve svalovině prasat byl doposud identifikován pouze jeden zoonotický druh schopný infikovat člověka, jako definitivního hostitele – *Sarcocystis suis hominis*. Pro tento druh svalovky slouží jako běžní mezihostitelé domácí, ale i divoká prasata (Dubey et al. 2015).

Lidská střevní sarkocystóza byla hlášena ze všech oblastí světa s výjimkou Afriky a Středního východu. Absence nákaz z těchto oblastí je ale s největší pravděpodobností spojena s nedostatečnou detekcí tohoto parazita a omezenou lékařskou péčí (Poulsen & Stensvold 2014).

Prevence intestinálního onemocnění u člověka spočívá v tom, že se zabrání spotřebě syrového masa. Protože sarkocysty lze nalézt u velkého množství skotu a v menší míře u prasat, všechny související masné výrobky by měly být před konzumací řádně tepelně opracované nebo zmrazené pod odborným dohledem, jelikož běžná veterinární prohlídka jatečných těl infekci tímto parazitem neodhalí (Saleque et al. 1990).

### 3.1.4 Symptomy, diagnostika a léčba intestinální sarkocystózy

Mezi symptomy intestinální sarkocystózy patří nauzea (nevolnost), bolest žaludku nebo průjem. Tyto příznaky jsou většinou mírné, závisí na počtu požitých sarkocyst a závažněji se projevují po nákaze z vepřového masa, tedy v případě infekce svalovkou *Sarcocystis suis hominis* (Fayer et al. 2015). Intestinální infekce nezahrnuje množení. Vývoj ve střevě se skládá buď ze samčího nebo samičího stádia z každého bradyzoitu v rámci sarkocysty, proto jsou tyto infekce většinou mírné a samy odezní. Ačkoli u některých pacientů se může zdát, že některé infekce trvají dlouhou dobu, jsou často skutečně výsledkem reinfekce (Fayer et al. 2015).

Podezření na střevní sarkocystózu je založeno na anamnéze gastroenteritidy kombinované s předchozím požitím syrového nebo nedostatečně tepelně upraveného masa, které mohlo obsahovat infekční sarkocysty. Diagnóza intestinální sarkocystózy je stanovena obvykle na základě pozorování oocyst nebo sporocyst ve stolici či v peritoneálním otěru a vyšetření tkáně v *lamina propria* tenkého střeva (Velásquez et al. 2008).

Doposud nebyla vyvinuta ani profylaxe, ani terapeutická léčba střevní sarkocystózy zvířat i lidí. Proto je nutné dbát na správnou tepelnou úpravu masa, která vede k usmrcení těchto parazitů a dodržovat hygienické zásady při přípravě a skladování pokrmů, aby nedocházelo ke křížové kontaminaci (Gajadhar 2015).

### **3.1.5 *Sarcocystis heydorni***

V poslední době byl popsán nový druh svalovky, *Sarcocystis heydorni* Dubey, van-Wilpe, Calero-Bernal, Verma & Fayer, 2015, pro který slouží člověk jako definitivní hostitel a skot jako mezihostitel. Sarkocysty tohoto parazita byly izolovány ze svalů dvou telat experimentálně naočkovaných stolicí lidského dobrovolníka, který pojídal syrové hovězí maso. Zpočátku se při tomto experimentu předpokládalo, že telata budou infikována pouze parazitem *Sarcocystis hominis*, jehož sarkocysty se obvykle nacházejí v srdci mezihostitele, nicméně nově identifikované sarkocysty svalovky *Sarcocystis heydorni* se v srdci nevyskytovaly. Po izolaci cyst ze svaloviny telat byla nalezena sarkocysta, jejíž struktura byla odlišná od všech druhů svalovek hlášených u hospodářských zvířat. Tento jedinečný druh byl pojmenován na počest doktora Alfreda Otta Heydorna, který sloužil jako dobrovolník (Dubey et al. 2015).

Studie z roku 2016 upozorňuje na relativně vysoký výskyt *Sarcocystis heydorni* v Číně. Sarkocysty tohoto parazita byly nalezeny u 10,6 % z celkového počtu 1630 kusů zkoumaného skotu. Nejvyšší prevalence byla zaznamenána v kosterních svalech (9,7 %), následně v jícnu (3,4 %), v bránici (2,5 %) a v jazyku (0,1 %). Tato skutečnost by mohla mít vážný dopad na lidské zdraví, jelikož člověk je zatím jediným známým definitivním hostitelem svalovek *Sarcocystis heydorni*, obzvláště díky vysokému výskytu sarkocyst v kosterní svalovině, která je nejčastěji konzumována nedostatečně tepelně opracovaná (Hu et al. 2016).

### 3.1.6 *Sarcocystis hominis*

Infekce *Sarcocystis hominis* u lidí jsou způsobené požitím nedostatečně tepelně upraveného hovězího masa, které obsahuje zralé sarkocysty tohoto parazita (Murata et al. 2018). Nástup klinické infekce způsobené svalovkou *Sarcocystis hominis* u člověka, jako definitivního hostitele, obvykle začíná 3–6 hodin po konzumaci masa, mezi příznaky vyvolané tímto prvokem patří nevolnost, bolest žaludku a průjem (Fayer 2004).

Ve studii, která se zabývala výskytem svalovek rodu *Sarcocystis* bylo z celkového počtu 375 masných výrobků (filet mignon, mleté hovězí maso a koloniální salám) určených k lidské spotřebě 17 % infikovaných. Výzkum byl proveden ve městě Santa Maria v Brazílii. Z hodnocených masných výrobků bylo kontaminováno 5,6 % výrobků filet mignon, 12,8 % kusů hovězího mletého masa a 32,8 % kusů koloniálního salámu. Z pozitivních vzorků byly identifikovány svalovky *Sarcocystis hirsuta* Moulé, 1888, která pro člověka infekční není a *Sarcocystis hominis*, přičemž prevalence byla 93,7 % (*Sarcocystis hirsuta*) a 6,3 % (*Sarcocystis hominis*). Vzhledem k významu sarkocystózy pro veřejné zdraví, může být zjištěný výskyt *Sarcocystis hominis* rizikovým faktorem pro kontaminaci člověka. Nicméně přítomnost DNA tohoto parazita nemusí nutně znamenat potenciální infekce lidí, protože správné postupy ve výrobních procesech a při přípravě pokrmů snižují životaschopnost sarkocyst (Alves et al. 2018).

### 3.1.7 *Sarcocystis sui hominis*

Definitivními hostiteli jsou lidé a nehumanoidní primáti a mezihostiteli prase domácí a prase divoké (Dubey et al. 2016). Primární příznaky infekce člověka *Sarcocystis sui hominis* vzniklé konzumací špatně tepelně upraveného infikovaného vepřového masa zahrnují nevolnost, průjem a zvracení (Tenter, 1995). V případě infekce *Sarcocystis sui hominis* se příznaky objevují 6 až 48 hodin po požití sarkocyst a jejich klinická progresse je závažnější než u infekce způsobené svalovkami rodu *Sarcocystis*, které se vyskytují ve svalovině skotu (Fayer 2004).

Fat et al. (2017) zjišťovali výskyt *Sarcocystis sui hominis* u vepřového masa určeného k lidské spotřebě v Rumunsku. Z jejich výsledků vyplývá, že prevalence *Sarcocystis sui hominis* byla ve vyšetřovaných vzorcích 26,58 %. Vzorky byly nejdříve zpracovány metodou trichineloskopické komprese. Všechny pozitivní fragmenty pro *Sarcocystis* sp. byly zkoumány metodou PCR-RFLP (polymerázová řetězová reakce-polymorfismus délký restričních

fragmentů), která úspěšně diferencovala *Sarcocystis sui hominis* od jiných druhů vyskytujících se u prasat. Výsledky ukazují, že riziko kontaminace člověka *Sarcocystis sui hominis* je vysoké díky spotřebě kontaminovaného vepřového masa. Navíc bylo v tomto výzkumu prokázáno, že použitá metoda pro molekulární identifikaci má vysokou přesnost a může být úspěšně použita jako diagnostická metoda (Fat et al. 2017).

### 3.1.8 Výskyt svalovek v České republice

V České republice i celé střední Evropě je střevní i svalová sarkocystóza vyskytující se u lidí velmi vzácnou parazitózou, každoročně jsou hlášeny jednotlivé případy a zpravidla se jedná o importované infekce. Většina případů pochází z tropických či subtropických oblastí. Nicméně vzhledem ke globalizaci a zvýšenému cestovnímu ruchu do těchto oblastí, je třeba zahrnout tato onemocnění mezi sledované infekce (Koudela 2005).

V letech 2016 a 2017 se Máca (2018) zabýval výskytem *Sarcocystis* spp. u 17 jezevců a jedné vydry v České republice. *Sarcocystis* byly nalezeny ve svalové tkáni u 14 ze 17 jezevců (82 %) a jediné vydry (100 %). Všechny reprezentativní izoláty cyst z vydry a jezevců byly úspěšně identifikovány jako *Sarcocystis lutrae* Gjerde & Josefsen, 2013. Jeden jezevec se svalovou sarkocystózou také obsahoval zapouzdřené larvy *Trichinella*. Jejich zjištění rozšiřují znalosti o distribuci svalovek rodu *Sarcocystis*. Poměrně vysoká prevalence svalovek u jezevců a jejich výskyt v osmi z devíti zkoumaných okresech České republiky naznačuje vysokou úroveň expozice a náchylnosti k těmto protozoálním prvokům. Ve studii zaměřené na výskyt střevních parazitů u psů v České republice byl zjištěn výskyt svalovek u 0,6 % psů nacházejících se na území Prahy. U psů, kteří se vyskytují v oblastech venkova byl zjištěn výskyt svalovky u 3 %, což naznačuje výrazně vyšší výskyt *Sarcocystis* spp. v oblastech venkova. Rozdíl mezi městskými a venkovskými psy může být důsledkem přetrvávajícího zvyku lidí bydlících na venkově, kteří krmí své psy syrovým masem (Dubná et al. 2007).

## 3.2 Rod *Toxoplasma*

Kapitola zabývající se kokcidiemi rodu *Toxoplasma* bude věnována jedinému zástupci tohoto rodu, který způsobuje závažné onemocnění u lidí (toxoplazmózu), *Toxoplasma gondii* Nicolle & Manceaux, 1908. *Toxoplasma gondii* je všudypřítomný intracelulární parazitický prvok (Obrázek 2), který se vyskytuje ve většině oblastí světa. Je schopen infikovat neobvykle

širokou škálu hostitelů a mnoho různých hostitelských buněk (Tenter 2009). Tento prvok je považován za jednoho z nejúspěšnějších parazitů na světě. Jeho úspěch je ilustrován jeho celosvětovou distribucí od arktických až po pouštní oblasti, včetně izolovaných ostrovů a měst (Dubey 2010).



**Obrázek 2** *Toxoplasma gondii* uvnitř infikované buňky (Despommier 2013)

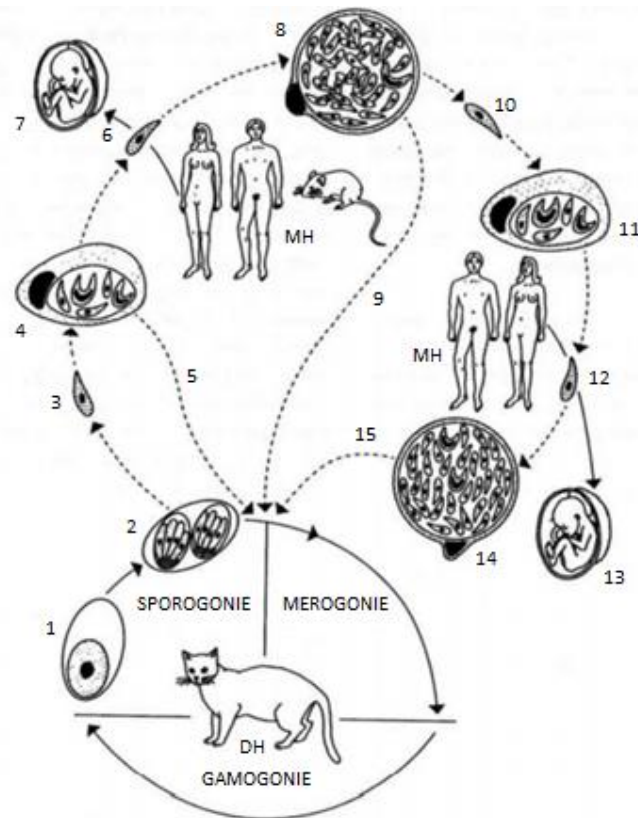
Toxoplazmóza u lidí může vyplynout z expozice různých stádií tohoto parazita, zejména při požití tkáňových cyst nebo tachyzoitů obsažených v mase, masných výrobcích nebo vnitřnostech určených k lidské spotřebě. Dalším možným způsobem je přenos fekálně-orální nebo transplacentární. Přestože potenciál přenosu parazita na člověka prostřednictvím potravin je objasněn po několik desetiletí, není dosud známo, které cesty jsou nejdůležitější z pohledu veřejného zdraví. Je pravděpodobné, že přenos parazita na člověka je ovlivněn nejen potenciální kontaminací různých zdrojů potravin, ale také individuálním chováním spotřebitelů v různých etnických a geografických oblastech (Tenter 2009).

### **3.2.1 Životní cyklus**

*Toxoplasma gondii* byla objevena v roce 1908, ale úplný životní cyklus (Obrázek 3) tohoto parazita byl objasněn až v roce 1970, kdy bylo zjištěno, že se jedná o parazitické kokcidie, jejichž definitivními hostiteli jsou zpravidla kočkovité šelmy a jako mezihostitelé mohou sloužit všichni teplokrevní živočichové, včetně člověka (Dubey 2009). U tohoto parazita, se vyvinulo několik potenciálních cest přenosu uvnitř i mezi různými hostitelskými druhy. Existují tři stádia, která jsou infekční jak pro mezihostitele, tak pro definitivního hostitele, tachyzoity (invazivní stádium), bradyzoity obsažené v tkáňových cystách



a sporozoity obsažené ve sporulovaných oocystách (Tenter 2009). Ve střevním epitelu kočkovitých šelem, jako definitivních hostitelů, probíhá pohlavní fáze životního cyklu, což vede k produkci milionů environmentálně odolných oocyst, které jsou vyloučeny do vnějšího prostředí pomocí kočičích výkalů. Oocysty jsou odolné a ve vlhké půdě mohou zůstat infekční i déle než rok (Dubey & Beattie 1988). Po požití oocyst teplokrevným obratlovcem se ve střevě uvolní sporozoity, které pronikají do enterocytů nebo jsou fagocytovány dalšími buňkami střevního epitelu a v napadených buňkách se nejprve dělí binárně uvnitř takzvané parazitoformní vakuoly. Vzhledem k tomu, že v iniciační fázi infekce dochází k velmi rychlé replikaci, se tato forma parazita nazývá tachyzoit. Následně dochází k rozpadu napadených buněk, infekci dalších buněk a rozptýlení tohoto parazita po celém těle hostitele. Díky imunitní odpovědi hostitele se tachyzoity transformují v bradyzoity, které napadají další buňky, pomalu se v nich množí a vytvářejí tkáňové cysty, obsahující tisíce bradyzoitů (Beneš 2009).



**Obrázek 3** Životní cyklus *Toxoplasma gondii* (upraveno podle Volf & Horák 2007)

1 – oocysta vyloučená v trusu DH (definitivního hostitele), 2 – oocysta dozrává a vytvářejí se v ní dvě sporocysty, každá se čtyřmi sporozoity, je opět infekční pro DH, 3 – pravděpodobněji ale sporozoity z pohlčené oocysty nakazí MH (mezihostitel), 4 – v buňkách MH se parazit rychle množí na tachyzoity, 5 – tkáň obsahující tachyzoity jsou infekční pro MH, 6 – tachyzoity pronikají do dalších tkání MH, 7 – eventuálně pronikají přes placentu do plodu, 8 – ve svalích s nervové tkáni se vytváří tkáňové cysty obsahující bradyzoity, 9 – tkáň obsahující bradyzoity jsou infekční pro DH, 10, 11 – požití infikované tkáně vede opět k množení tachyzoitů, 12 – tachyzoity mohou přes placentu pronikat do plodu, 13, 14 – nebo tachyzoity iniciují tvorbu tkáňových cyst s bradyzoity, 15 – tkáň MH jsou infekční pro DH, ve kterém probíhá sexuální fáze vývojového cyklu parazita

Po krátké fázi akutní toxoplazmózy přechází infekce do latentní fáze s tvorbou tkáňových cyst, která se v případě náhlého snížení imunity může reaktivovat. Tkáňové cysty jsou v těle meziphostitele umístěny převážně v centrálním nervovém systému, v oku, kosterní a srdeční svalovině. V menší míře se však mohou vyskytovat i ve viscerálních orgánech, jako jsou plíce, játra a ledviny (Dubey 1998).

Infikované orgány a svalovina meziphostitelů jsou zdrojem infekce pro definitivní hostitele, ale i pro meziphostitele. Parazit se takto může šířit v meziphostitelích a zvyšovat pravděpodobnost nákazy kočkovitých šelem, v jejichž střevním epitelu dochází k pohlavní fázi vývojového cyklu, což je spojené s možností výměny genetické informace (Beneš 2009). Šíření a následná infekce může také probíhat neomezeně přenosem tkáňových cyst v rámci meziphostitelů (v nepřítomnosti definitivních hostitelů), při kterém nedochází k sexuální fázi množení a ke zvyšování genetické variability nebo také přenosem oocyst fekálně-orální cestou mezi definitivními hostiteli (kočkovitými šelmami). Způsob šíření tohoto parazita je tedy velmi variabilní (Tenter 2009).

### **3.2.2 *Toxoplasma gondii* a člověk**

Lidé a prakticky všechny teplokrevné druhy mohou sloužit jako meziphostitelé, ve kterých *Toxoplasma gondii* prodělává asexuální fázi svého životního cyklu. Zoonotická infekce, která je způsobena prvokem *Toxoplasma gondii* se nazývá toxoplazmóza. (García & Jiménez 2011). Mezi způsoby přenosu tohoto parazita na člověka se řadí vrozená infekce, která nastává v případě, kdy je žena během těhotenství infikována a infekce *Toxoplasma gondii* je tedy na plod přenášena transplacentárně. Kromě vrozené infekce se lidé mohou nakazit požitím potravin nebo vody kontaminovaných sporulovanými oocystami infikovaných výkalů kočkovitých šelem. Velmi důležitou roli při přenosu infekce na člověka zaujímá konzumace nedostatečně tepelně upravené svaloviny infikované tkáňovými cystami (Hill & Dubey 2018). Tato cesta přenosu je odpovědná za nejméně 30 % případů lidské toxoplazmózy (Algaba et al. 2018). Přenos se může také uskutečnit prostřednictvím tachyzoitů obsažených v krevních přípravcích, transplantované tkáni nebo požitím živočišných produktů jako je maso nebo nepasterizované mléko (Tenter et al. 2000). V rámci potravin je maso jednou z nejdůležitějších kategorií z hlediska přenosu tohoto prvoka, protože může obsahovat bradyzoity uvnitř tkáňových cyst, což může potenciálně způsobit infekci po požití, pokud nejsou paraziti inaktivováni odborným zmrazením nebo vařením před konzumací (Belluco et al. 2018). Ačkoli

toxoplazmóza je nejčastěji hlášená parazitická zoonóza u lidí, patogen není běžně sledován u zvířat určených k produkci potravin. Tato zvířata nejsou globálně testována na infekci *Toxoplasma gondii* před porážkou a tkáňové cysty nemohou být detekovány během veterinární prohlídky po porážce, jelikož jsou pouhým okem neviditelné (Slany et al. 2016).

Kolbekova et al. (2007) uvádí, že v rámci výzkumu, jehož cílem bylo zhodnotit výskyt toxoplazmózy u populace vojenských pracovníků v rámci Armády České republiky bylo zjištěno, že celkové množství lidí infikovaných tímto prvokem bylo 23 % z celkového počtu 3250 testovaných jedinců.

### **3.2.3 Symptomy, diagnostika a léčba lidské toxoplazmózy**

Akutní fáze infekce je charakteristická rychle se replikujícími tachyzoity v organismu hostitele. Lidský imunitní systém bojuje proti akutní infekci *Toxoplasma gondii* a je schopen inhibovat replikaci parazitů, díky čemuž přechází onemocnění do latentní fáze, která je charakteristická tvorbou tkáňových cyst. Akutní toxoplazmóza u osob bez poruch imunitního systému se obvykle vyskytuje bez klinických symptomů nebo jen s mírnými příznaky, podobnými chřipce, jako je horečka, bolest svalů nebo lymfadenopatie (zvětšení lymfatických uzlin) (Montoya & Liesenfeld 2004). Beneš (2009) uvádí, že u 10 – 20 % infikovaných pacientů s normální imunitní odpovědí, může akutní infekce probíhat pod obrazem syndromu mononukleózy, kterou doprovází zvětšení mízních uzlin, nebo vzácněji generalizovaná lymfadenopatie. Další příznaky mohou zahrnovat horečku, noční pocení, nevolnost, bolesti svalů nebo v krku. Po krátké akutní fázi přechází infekce vlivem imunitního systému hostitele do latentní fáze, kdy je pacient obvykle bez klinických symptomů (Jones et al. 2014). Jedním z důsledků akutní infekce i reaktivované latentní infekce může být takzvaná oční toxoplazmóza, která se projevuje zamženým viděním, fotofobií, bolestí očí nebo skotomy (výpadky zorného pole) a může vést až ke glaukomu nebo úplné i částečné ztrátě zraku (Beneš 2009). Některé případy akutní toxoplazmózy u dospělých jsou spojeny s psychiatrickými symptomy, jako jsou bludy a halucinace (Torrey & Yolken 2003). Závažné příznaky toxoplazmózy se týkají především lidí s poruchami imunitního systému, imunosuprimovaných pacientů, kteří prodělali transplantaci, pacientů s rakovinou, s AIDS, starších osob a gravidních žen. U těchto pacientů má infekce prvokem *Toxoplasma gondii* často fatální následky. Například u lidí infikovaných HIV a *Toxoplasma gondii* současně patří mezi nejčastěji se vyskytující příznaky pneumonie (zápal plic) a retinochoroiditida (zánět sítnice a cévnatky).

V takových případech je nutná vhodná léčba k ochraně orgánů před nevratným poškozením (Montoya & Liesenfeld 2004). U pacientů s poruchou imunity může dále dojít až ke vzniku toxoplazmové encefalitidy, projevující se ložisky v mozku, nejčastěji v bazálních gangliích připomínající abscesy, které neobsahují hnis. Ty se projevují nevolností a bolestmi hlavy (Beneš 2009). Infekce těhotných žen mohou způsobit vrozenou toxoplazmózu plodu. Přenos toxoplazmózy na plod se vyskytuje téměř výhradě u žen, které získaly primární infekci během těhotenství, nebo těsně před ním a často je spojena se spontánními potraty, nedostatečně vyvinutým plodem nebo s mrtvě narozenými jedinci (Jones et al. 2014). Dále může tato infekce u plodu způsobit ztrátu zraku, sluchu, mentální a psychomotorickou retardaci, hematologické abnormality nebo hepatosplenomegálii (abnormální zvětšení jater a sleziny) (Maldonado & Read 2017).

Diagnóza se stanovuje nejčastěji na základě sérologického vyšetření. Test, který měří imunoglobulin G, se používá k určení, zda osoba byla infikována. Pokud je nutné pokusit se odhadnout dobu infekce, která je obzvláště důležitá pro těhotné ženy, je také vhodné použít test, který měří imunoglobulin M spolu s dalšími testy, jako je test avidity. Diagnostika může být také provedena přímým pozorováním parazita v řezech tkáně nebo v mozkomíšním moku. Tyto techniky se používají méně často, protože je obtížné tyto vzorky získat. Paraziti mohou být také izolováni z krve nebo jiných tělních tekutin, ale tento proces je obtížný a časově náročný. Oční onemocnění je rozpoznáno na základě výskytu lézí v oku, symptomů a sérologického testování (CDC 2018a).

Vzhledem k tomu, že většina pacientů trpí mírnými symptomy, které obvykle samy odezní, akutní toxoplazmóza u pacientů bez poruch imunity a žen, které nejsou gravidní, obvykle nevyžaduje léčbu a infekce přechází do latentního stádia vlivem imunitní odpovědi pacienta. Léčba by však měla být zvážena, pokud pacient bez poruchy imunity má stále přetrvávající a nepříjemné nebo závažné příznaky či oční toxoplazmózu (Carme et al. 2002). Obvykle se podává kombinace antiparazitik pyrimethaminu, sulfadiazinu a folinové kyseliny, která chrání kostní dřeň před toxickými účinky pyrimethaminu. Pokud má pacient hypersenzitivní reakci na sulfadiazin, nahrazuje se clindamycinem. Toxoplazmóza u pacientů s poruchami imunity je často fatální, pokud není léčena. Léčba se doporučuje po dobu nejméně 4 až 6 týdnů po vyřešení všech klinických příznaků a symptomů. Je známo, že u pacientů s AIDS dochází k recidivám a doporučuje se udržovací léčba. Pyrimethamin, kyselina folinová a sulfadiazin jsou opět standartními přípravky léčby pro imunodeficientní

pacienty (CDC 2018a). Kombinace těchto léčiv se obvykle podává i gravidním ženám, které byly infikovány po 18. týdnu těhotenství, při podezření či potvrzení (pomocí odběru plodové vody) infekce plodu. Pokud žena byla infikována do 18. týdne těhotenství a plod není infikován, podává se obvykle přípravek spiramycin, který snižuje přenos infekce na plod. Infikovaní novorozenci jsou obvykle léčeni pyrimethaminem, sulfonamidem a kyselinou folinovou po dobu 12 měsíců. (Maldonado & Read 2017).

Dle zprávy publikované v roce 2018 byl na jednotku intenzivní péče přijat muž ve věku 58 let s horečkou, hypotenzí a respiračním selháním. Tomuto muži byla již dříve diagnostikována akutní myeloidní leukémie, která byla léčena standardní chemoterapií a byla mu provedena transplantace kmenových buněk, dále byl pozitivní na cytomegalomavirus. Jeho respirační stav byl stabilizován léčbou a byl extubován po 32 dnech mechanické ventilace. Nakonec byl propuštěn do rehabilitačního zařízení kvůli pokračujícím omezením jeho mobility a poznávání. Bohužel se vrátil o 6 týdnů později s multiorgánovým selháním vyžadujícím intubaci pro mechanickou ventilaci a vazoaktivní infuze. Navzdory tomu, že dostával širokospektrální antibiotika, antifungální a antivirové látky, zemřel během 24 hodin od refrakterního šoku. Pitva odhalila rozptýlenou toxoplazmózu, nejvíce patrnou v myokardu, s toxoplazmatickou encefalitidou a difuzním alveolárním poškozením. Zpráva ukazuje, že reaktivovaná infekce u pacientů s narušenou imunitou může vést k velmi závažným komplikacím, a dokonce až ke smrti (Chan et al. 2018).

### **3.2.4 Vliv latentní toxoplazmózy na lidskou osobnost**

Imunitní reakce hostitele udržuje *Toxoplasma gondii* v latentním stádiu. Reaktivace infekce a případné klinické příznaky se objevují jen v případě poruchy či oslabení imunitního systému. Dlouhou dobu byla latentní toxoplazmóza u lidí bez poruch imunity, nebo pro ženy, které nebyly gravidní, považována z klinického hlediska za asymptotické a neškodné onemocnění. Mnoho studií, které byly prováděny v posledních desetiletích ale naznačuje, že latentní forma této infekce může ovlivňovat lidskou osobnost, chování, případně může mít vliv na schizofrenii a neurologické poruchy jako je epilepsie (Silva & Langoni 2009).

Podle manipulační hypotézy mohou některé parazitické organismy, jako například *Toxoplasma gondii* měnit chování hostitele ve svůj prospěch a zvyšovat tím pravděpodobnost infekce dalšího hostitele. Tato hypotéza předpokládá, že změna chování hostitele je důsledkem adaptace parazita (Moore & Gotelli 1990). Zdá se, že *Toxoplasma gondii* je schopna

indukovat takové změny v těle hostitele, které specificky zvyšují pravděpodobnost, že hostitel bude uloven kočkovitou šelmou. Výsledky výzkumu provedeného v roce 2007 ukazují, že infekce tímto parazitem u hlodavců je pravděpodobně schopna změnit původní, vrozený strach z pachu koček v atraktivní zápach. Infikovaní hlodavci navštěvovali častěji a zůstávali déle v místech, kde byl přítomen zápach kočičí moči. Naopak nebyli přitahováni zápachem moči jiných druhů (Vyas et al. 2007). V návaznosti na tuto skutečnost Flegr et al. (2011) pozorovali zvýšení relativní přitažlivosti k pachu kočičí moči i u lidí, kdy infikovaní muži hodnotili zápach zředěné kočičí moči jako příjemnější než neinfikovaní muži a zároveň nebyl pozorován žádný významný rozdíl v hodnocení příjemnosti zápachu moči dalších čtyř živočišných druhů. Latentní toxoplazmóza by mimo jiné mohla mít vliv i na četnost dopravních nehod. Výsledky statistických zhodnocení naznačují, že latentní toxoplazmóza by mohla u řidičů až několikanásobně zvyšovat riziko vzniku dopravní nehody (Yereli et al. 2006; Kocazeybek et al. 2009).

V České republice Lindová et al. (2006) provedli dvojité zaslepenou studii u 214 lidí, kteří byli séronegativní na *Toxoplasma gondii* protilátky a 49 séropozitivních dospělých lidí. Byla použita řada behaviorálních hodnocení, technik rozhovorů, hodnocení oděvů nebo experimentů určených k měření ochoty osob ochutnat podivnou tekutinu. Výsledky ukázaly, že séropozitivní muži byli méně schopni navázat mezilidské vztahy, měli nižší sebekontrolu, častěji nosili neupravené oblečení a byli ochotni ve větší míře ochutnat podivnou kapalinu. Naopak u žen nebyly pozorovány žádné významné rozdíly.

Infekce tímto parazitem je spojena se zvýšeným rizikem výskytu několika poruch duševního zdraví jako je například obsedantně-kompulsivní porucha, bipolární porucha, Aspergerův syndrom, schizofrenie a pokusy o sebevraždu (Yolken et al. 2017). Fyziologický mechanismus asociace mezi toxoplazmózou a schizofrenií není znám. Jednou z hypotéz, jak tento prvok souvisí se vznikem schizofrenie i dalších duševních poruch je zvýšená koncentrace neurotransmiteru dopaminu ve specifických částech mozku (Willner 1997). Gaskell et al. (2009) prokázali, že genom prvoka *Toxoplasma gondii* obsahuje dva geny pro tyrosinhydroxylázu, což je klíčový enzym pro syntézu dopaminu. Prandovszky et al. (2011) zároveň zjistili, že u bradyzoitů v tkáňových cystách se tyto geny exprimují a uvolňují dopamin do okolní tkáně. Ve studii z roku 2010 byla srovnávána séroprevalence u kontrolní skupiny 200 zdravých jedinců s 200 lidmi, kteří se léčí se schizofrenií a v minulosti se pokusili o sebevraždu. Počet jedinců, pozitivních na *Toxoplasma gondii* protilátky, u skupiny lidí, kteří

se pokusili o sebevraždu (41 %), byl významně vyšší než u kontrolní skupiny (28 %). Výsledky naznačují, že mezi výskytem toxoplazmózy u lidí se schizofrenií a etiologií pokusu o sebevraždu může existovat kauzální vztah (Yagmur et al. 2010).

### 3.2.5 Výskyt *Toxoplasma gondii* v ČR u zvířat konzumovaných lidmi

Skoripkova et al. (2018) se zabývali přítomností *Toxoplasma gondii* u kachen a bažantů, kteří jsou v České republice běžně loveni pro lidskou spotřebu. Z výsledků této studie vyplývá že 15 z 280 zkoumaných kachen divokých (5,4 %) a 12 z 350 bažantů (3,4 %) bylo pozitivních na infekci *Toxoplasma gondii*. U kachen byla nejčastěji zjištěna parazitní DNA v srdcích a v mozku. Pokud jde o bažanty, tento parazit byl nejčastěji přítomen v mozku. Tyto výsledky potvrzují, že srdce a mozek jsou důležitými typy tkání z hlediska infekce *Toxoplasma gondii*. Ačkoli toxoplazmóza u volně žijících ptáků obvykle není doprovázena klinickými příznaky, mohou nakažení ptáci sloužit jako potenciální zdroj toxoplazmózy, zejména u masožravců a také u lidí, pokud není tkáň před konzumací dostatečně tepelně opracována.

V České republice bylo provedeno testování vzorků získaných z hus, kachen, kurů a krůt na přítomnost *Toxoplasma gondii* pomocí nepřímé fluorescenční protilátkové techniky. Ptáci pocházeli z padesáti sedmi různých zemědělských podniků v České republice. U hus byla zjištěna 43% prevalence (z celkového počtu 178 vyšetřovaných hus), u kachen 14% prevalence (z celkového počtu 360 vyšetřovaných kachen), z testovaných kurů byl pouze jeden jedinec pozitivní na přítomnost tohoto parazita (z celkového počtu 293 vyšetřovaných kurů), a u krůt nebyl nalezen žádný pozitivní vzorek (z celkového počtu 60 vyšetřovaných krůt). U vodních ptáků (kachen a hus) byla séropozitivita extrémně vysoká, narozdíl od ptáků hrabavých (kurů a krůt). Na základě získaných údajů mohou kachny a husy představovat vyšší riziko infekce spotřebitelů, protože v této skupině ptáků je vyšší výskyt infekce (Bártová et al. 2009).

Studie zabývající se výskytem *Toxoplasma gondii* u vepřového masa z různých výrobních systémů uvádí, že infekce *Toxoplasma gondii* je rozšířená i u prasat chovaných a poražených v České republice. Byla pozorována statisticky významná souvislost infekce tímto parazitem s typem produkčního systému. Prevalence byla nejnižší u prasat z komerčních farem, které praktikují intenzivní vnitřní hospodaření bez kontaktu s prostředím (3,3 %), a prasata z ekologické farmy vykazovaly vyšší séropozitivitu (18,8 %), zatímco prasata z domácích chovů vykazovaly extrémně vysokou míru séropozitivity (27,6 %). Spotřeba masa z divokých prasat, která jsou běžně v České republice lovena

a konzumována, by také mohla hrát roli při šíření infekce, jelikož přítomnost infekce byla odhalena u 8,6 % divokých prasat do jednoho roku a 21,5 % u divokých prasat starších než jeden rok. Ačkoli toxoplazmóza je nejčastěji hlášená parazitická zoonóza u lidí, patogen není běžně sledován u zvířat určených k produkci potravin. Prasata nejsou globálně testována na infekci *Toxoplasma gondii* při porážce a tkáňové cysty nemohou být detekovány během prohlídky po porážce. Výsledky výzkumu poukazují na vysoké vystavení *Toxoplasma gondii* při chovu prasat v České republice, což naznačuje potenciální riziko spotřeby masa bez řádné úpravy (Slany et al. 2016).

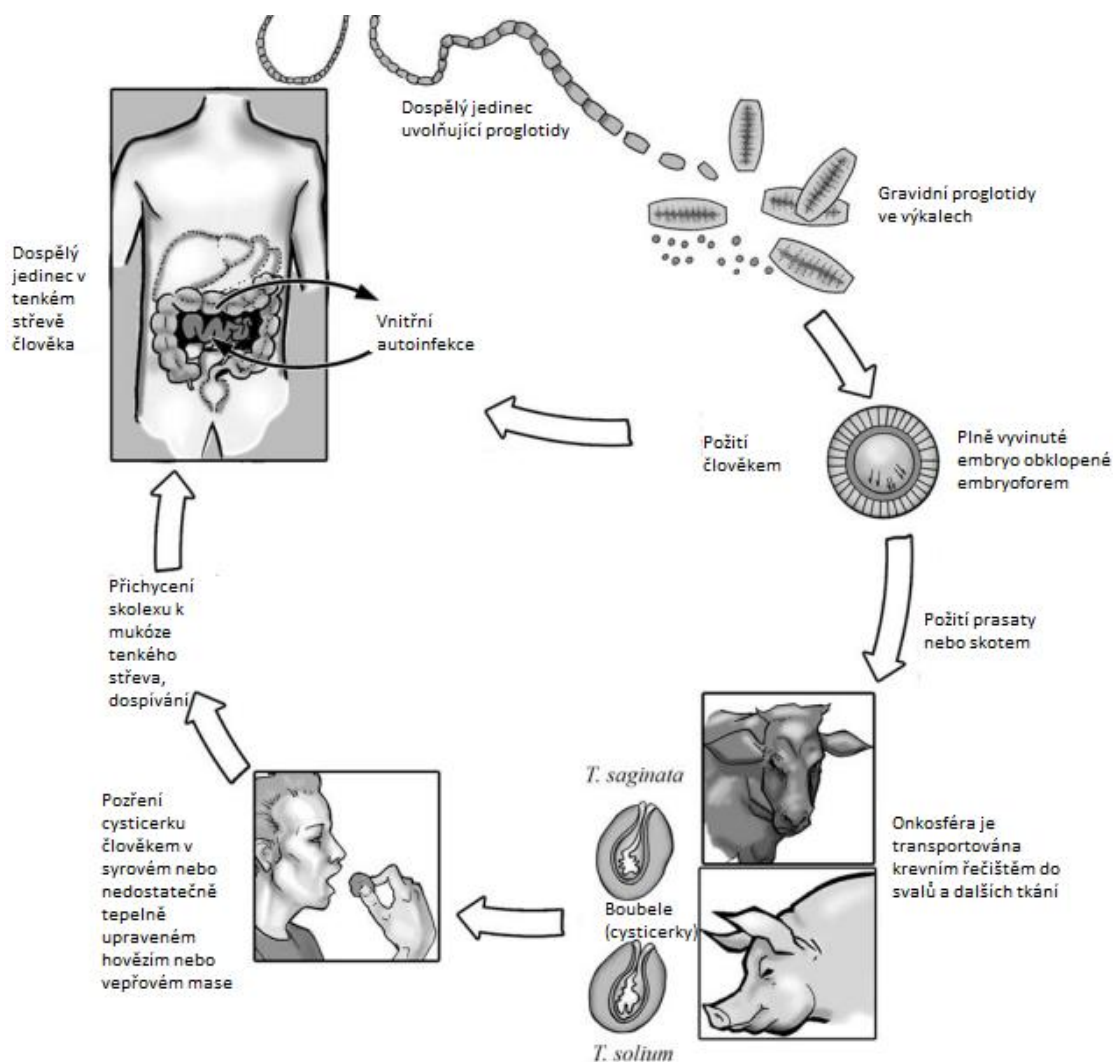
### **3.3 Rod *Taenia***

Tasemince rodu *Taenia* zahrnují mnoho druhů, které se vyskytují u velkého počtu obratlovců. U člověka se objevují pouze tři druhy, které jsou na člověka přenášeny pomocí nedostatečně tepelně upravené svaloviny. Jedná se o tasemnici dlouhočlennou (*Taenia solium* Linnaeus, 1758), tasemnici bezbrannou (*Taenia saginata* Goeze, 1782) a *Taenia asiatica* Eom & Rim, 1993 (Labbé & García 2013).

#### **3.3.1 Životní cyklus**

Infekce definitivního hostitele tímto parazitem je zahájena požitím syrového nebo špatně tepelně upraveného masa obsahujícího cysticerky tasemnic rodu *Taenia* (Obrázek 4). Cysticerky jsou uvolněny z nedostatečně tepelně opracované svaloviny v žaludku pomocí žaludečních šťáv a postupují dále trávicí soustavou (Despommier 2013). V horní části tenkého střeva se skolex (hlavička tasemnice) zachytí na sliznici střeva pomocí přísavek s háčky (nebo jen přísavek u *Taenia saginata*) a během 5 – 12 týdnů tasemnice dospívá. Dospělá tasemnice dorůstá délky i několika metrů a může přežít ve střevě hostitele až 25 let. Terminálové proglotidy, které obsahují již oplozená vajíčka se následně oddělují od těla tasemnice a jsou pasivně vylučovány pomocí stolice do vnějšího prostředí. Tato vajíčka, obsahující onkosféru, mohou zůstat ve vnějším prostředí životaschopná i několik týdnů (Garcia 2007).





**Obrázek 4** Životní cyklus tasemnice dlouhočlenné (*Taenia solium*) a Tasemnice bezbranné (*Taenia saginata*) (upraveno podle Bogitsh et al. 2005)

Když jsou vajíčka požitá mezihostiteli, uvolněné onkosféry proniknou střevní stěnou, vstupují do oběhového systému a jsou neseny krví nebo lymfou do svalů, vnitřností a dalších orgánů, kde se vyvíjejí do takzvaných cysticerků. Cysticerky jsou požitý spolu se syrovou nebo nedostatečně tepelně upravenou infikovanou svalovinou definitivním hostitelem a tasemnice rodu *Taenia* dokončuje svůj životní cyklus (Bogitsh et al. 2005)

### 3.3.2 Tasemnice rodu *Taenia* a člověk

Člověk obvykle působí jako definitivní hostitel tasemnice rodu *Taenia*, může se však nakazit i larválními stádii, které vylučuje definitivní hostitel spolu s výkaly a stát se tak mezihostitelem. Podle toho, jaké stádium tohoto parazita člověk hostí, se rozlišují dvě formy infekce: tenióza, kdy člověk slouží jako definitivní hostitel a cysticerkóza, kdy člověk slouží jako mezihostitel. Tenióza vzniká při požití nedostatečně tepelně upravené svaloviny obsahující

larvální stádia tasemnic rodu *taenia* (cysticerky). Cysticerkóza je infekce způsobená požitím vajíček tasemnice dlouhočlenné (*Taenia solium*) alimentární cestou (Beneš 2009).

### 3.3.3 Symptomy, diagnostika a léčba lidské teniózy

Tenióza způsobená požitím nedostatečně tepelně upraveného masa, které obsahuje boubele (cysticerky) tasemnic *Taenia solium*, *Taenia saginata* nebo *Taenia asiatica* je obvykle charakterizována mírnými a nespecifickými příznaky (WHO 2018). Infekce a následný rozvoj tasemnice v tenkém střevě mohou být asymptomatické. Za primární patognomický znak je považováno uvolňování proglotidů a jejich následné vylučování stolicí. Přidružené symptomy jsou často nespecifické a zahrnují ztrátu hmotnosti, bolest břicha, zvracení, průjem, zácpu a změnu chuti k jídlu (Ito et al. 2003). Tyto příznaky mohou pokračovat až do té doby, dokud tasemnice nezemře na následky léčby, jinak přetrvávají řadu let (WHO 2018). Po mnoho let byla diagnostika této infekce založena na detekci vajíček mikroskopickým vyšetřením stolic nebo peritoneálního otěru, které stále zůstává ve většině laboratoří rutinní (Gómez-Morales et al. 2017).

Léčba se provádí podáváním antiparazitik jako jsou albendazol po dobu tří dnů, parazikvantel, paromycin a niclosamid jednorázově. Parazit je následně usmrcen a vyloučen stolicí. O úspěšnosti léčby je vhodné se přesvědčit asi za tři měsíce od podání antiparazitik pomocí detekce vajíček ve stolici (Beneš 2009).

### 3.3.4 *Taenia solium*

Tento parazit je běžný mezi lidmi v oblastech kde se pravidelně konzumuje syrové nebo nedostatečně tepelně upravené vepřové maso. Dospělá tasemnice obvykle měří od 180 do 400 cm (někdy až do 800 cm) a obsahuje 800 až 900 jednotlivých článků, proglotidů (Bogitsh et al. 2005). Obecně řečeno, tasemnice jsou komplexní organismy, které mají složité životní cykly vyžadující alespoň dva hostitele k jejich dokončení. V případě *Taenia solium* jsou nejdůležitějšími definitivními hostiteli lidé, zatímco prasata, ale i lidé představují preferenční meziphostitele. Seznam ostatních živočichů, kteří mohou představovat jak meziphostitele, tak definitivní hostitele je velký, ale klinicky irelevantní (Del Brutto & García 2014). Zajímavé je, že tenióza způsobená tímto parazitem není rozšířena mezi muslimy, protože jejich náboženství zakazuje konzumaci vepřového masa (Arora 2006).

Infekce způsobené parazitem *Taenia solium* se vyskytují po celém světě, ale častěji v rozvojových zemích včetně částí Afriky, Jižní Ameriky, a dokonce i Ruska (Mishra & Agrawal 2013). Nejčastěji se infekce tímto parazitem vyskytuje v oblastech s nedostatečnou hygienou chovu, včetně dodržování hygienických zásad při krmení prasat určených k lidské spotřebě a na místech s omezenou veterinární kontrolou poražených kusů. Vedle zdravotního rizika hrozícího při požití infikovaného masa se stávají významným zatížením i ekonomické ztráty, kterým chovatelé z postižených oblastí musí čelit (Carabin et al. 2017).

V případech, že je člověk infikován vajíčky *Taenia solium* například při náhodném požití kontaminované potravy obsahující oplozená vajíčka, slouží pro tohoto parazita jako mezipositel a vzniká onemocnění zvané lidská cysticerkóza. Tato infekce může mít za následek ničující účinky na lidské zdraví. Boubele neboli cysticerky tasemnice dlouhočlenné se mohou vyvinout ve svalech, pokožce, očích a centrálním nervovém systému, a dokonce i v srdci. Při vzniku cyst v mozku se tento stav označuje jako neurocysticerkóza. Symptomy zahrnují silnou bolest hlavy, slepotu, křeče, mohou být příčinou epilepsie. Neurocysticerkóza je velmi nebezpečné onemocnění s možnými fatálními následky. Jeho léčba obvykle zahrnuje tým multidisciplinárních specialistů – neurologů, parazitologů a dalších (WHO 2018). Lidská neurocysticerkóza, jako nejčastější parazitární onemocnění centrálního nervového systému je zodpovědná přibližně za 50 000 úmrtí ročně (Fogang et al. 2015) a v současné době je považována za nejběžnější příčinu získané epilepsie v rozvojových zemích, přičemž se odhaduje, že postihuje až 2 miliony lidí (Raoul et al. 2013; Ito et al. 2016).

Nery et al. (2018) popsali cysticerkózu jako možnou příčinu infarktu myokardu. Toto onemocnění je endemické v zemích Afriky, Latinské Ameriky, Asie a východní Evropy, kde podmínky jako špatné hygienické podmínky, volně se pohybující prasata určená k lidské výživě a chudoba umožňují přenos této nemoci (Coral-Almeida et al. 2015). Byl také zdokumentován ojedinělý případ pacienta infikovaného pravděpodobně v oblasti Indie, který trpěl teniózou a zároveň cysticerkózou, která byla pravděpodobně důsledkem autoinfekce (Katurahara et al. 2013). Díky rozvíjejícímu se cestovnímu ruchu jsou stále častěji hlášeny případy importované cysticerkózy i ve zbytku Evropy, je tudíž třeba zvyšovat povědomí o vážnosti nebezpečí spojených tímto onemocněním (Dorny & Praet 2007).

### 3.3.5 *Taenia saginata*

Jediným známým definitivním hostitelem tasemnice bezbranné (*Taenia saginata*) je člověk a jako mezihostitel slouží především skot, u kterého se ve svalovině vajíčka (Obrázek 5) vyvíjí do cysticerků, kteří mohou infikovat definitivního hostitele (Chiesa et al. 2013). Dalšími popsányi mezihostiteli jsou buvoly, žirafy a případně i sobi (Dorny et al. 2004).

Infekce tímto parazitem je celosvětově rozšířená a obecně je mnohem častější než infekce druhem *Taenia solium*, zvláště ve Spojených státech. Na druhou stranu celkový dopad výskytu tasemnice bezbranné na lidské zdraví je mnohem menší, protože vajíčka *Taenia saginata* jsou pro člověka pravděpodobně neinfekční, a tudíž tento parazit nezpůsobuje lidskou cysticerkózu (García 2007). Napadení hospodářských zvířat tímto parazitem má i značný ekonomický dopad, obzvláště v oblastech s nedostatečnou hygienou chovu. V roce 2001 byly finanční ztráty spojené s napadením skotu v Africe odhadovány na 1,8 miliard dolarů (McGavin et al. 2001).

Krajská hygienická stanice Moravskoslezského kraje k 7. 6. 2013 evidovala 22 případů teniózy, způsobené druhem *Taenia saginata*. Všechny infekce byly hlášeny z Opavy a okolí. Infikovaní pacienti konzumovali v období Vánoc a začátkem nového roku syrové hovězí maso ve formě tatarského bifteku a ojediněle krvavý hovězí steak (SZÚ & CEM 2013). Podle Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem bylo v roce 2017 nahlášeno v České republice celkem 8 případů lidské infekce tasemnicí bezbrannou, z toho jeden případ byl importován ze zahraničí (Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem 2017).

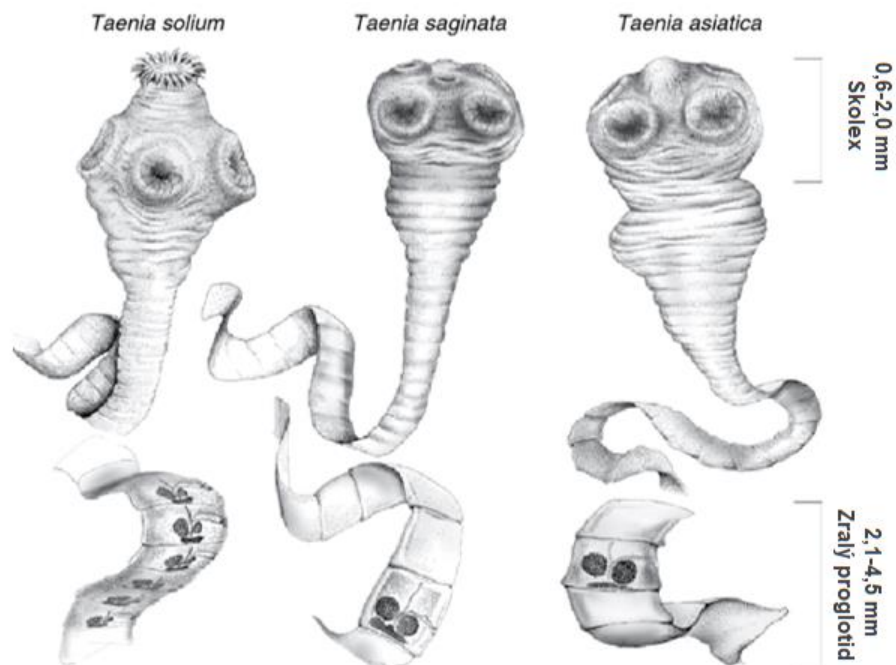


Obrázek 5 vajíčka *Taenia saginata* (Despommier 2013)

### 3.3.6 *Taenia asiatica*

Tasemnice *Taenia asiatica* byla poprvé popsána až v roce 1993, kdy vědci z Asie a z oblasti Pacifiku pozorovali osoby infikované tasemnicemi. Tyto tasemnice byly morfologicky velmi podobné *Taenia saginata* (Obrázek 6), ale lidé byli infikováni po konzumaci syrového vepřového masa (Gajadhar 2015). Dosud byla tasemnice *Taenia asiatica* identifikována na Tchaj-wanu (Fan 1988), v Jižní Koreji (Fan et al. 1989b), Indonésii (Fan et al. 1989a), na Filipínách (Fan et al. 1992), v Thajsku (Fan et al. 1990), na jihu centrální oblasti Číny (Zhang et al. 1999), ve Vietnamu (Van De 2003), v Japonsku (Yamasaki 2013) a Nepálu. Zvláště poslední pozorování naznačuje, že rozšíření tohoto parazita není omezeno jen na jihovýchodní Asii (Devleesschauwer et al. 2012).

Z hlediska morfologie je tento druh velmi podobný tasemnici *Taenia saginata*, díky tomu, že na skolexu není vytvořeno rostellum s háčky. Tyto dvě tasemnice se shodují i v morfologii jednotlivých článků (Volf & Horák 2007). Tyto podobnosti vyvolaly taxonomické problémy s argumentací, že by měla být považována za poddruh *Taenia saginata*. Genetické studie ovšem dokázaly druhový rozdíl mezi těmito dvěma tasemnicemi (Zarlenga & George 1995).



**Obrázek 6** Morfologické rozdíly mezi tasemnicemi *Taenia solium*, *Taenia saginata* a *Taenia asiatica* (upraveno podle Labbé & García 2013)

Experimentální studie jasně ukázaly, že preferenčními meziphostiteli *Taenia asiatica* jsou prasata, ale velmi vzácně mohou jako meziphostitelé sloužit i ovce a skot. Cysticerky *Taenia*

*asiatica* se vyvíjí v játrech a plicích. Vzhledem ke specifickým podmínkám potřebným k dokončení životního cyklu tohoto parazita, zejména spotřebě syrových viscerálních orgánů (játra, plíce), nikoliv příčně pruhované svaloviny, přenos *Taenia asiatica* vykazuje významné etnografické spojení (Parija & Ponnambath 2013).

### 3.4 Rod *Trichinella*

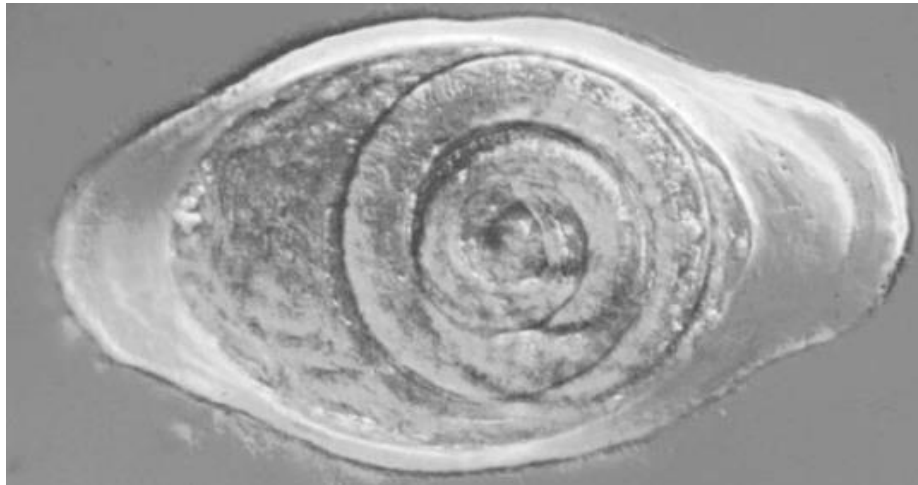
Hlístice rodu *Trichinella* jsou běžně příčinami infekce u masožravců a všežravců, včetně lidí a lze je nalézt globálně ve všech suchozemských systémech, ale i v některých mořských prostředích (Pozio & Murrell 2006). Infekci u lidí, zvanou trichinelóza způsobuje nejčastěji svalovec stočený (*Trichinella spiralis* Owen, 1835), a vzácněji i jiné druhy jako jsou *Trichinella pseudospiralis* Garkavi, 1972 a *Trichinella nativa* Britov & Boev 1972 vyskytující se v arktických oblastech, *Trichinella nesolini* Britov & Boev, 1972 v oblasti subsaharské Afriky a *Trichinella britovi* Pozio, la-Rosa, Murrell & Lichtenfels, 1992 v mírném pásu Evropy a Asie. Nejvýznamnějším rezervoárem *Trichinella spiralis* je prase divoké, infekce však může postihnout i další domácí a volně žijící zvířata, jako jsou prase domácí, kuň, pes, medvěd a další (Beneš 2009).

V rámci tohoto rodu je v současné době uznáváno devět druhů: *Trichinella spiralis*, *Trichinella nativa*, *Trichinella britovi*, *Trichinella pseudospiralis* Garkavi, 1972, *Trichinella murrelli* Pozio & La Rosa 2000, *Trichinella nelsoni*, *Trichinella papuae* Pozio, Owen, La-Rosa, Sacchi, Rossi & Corona, 1999, *Trichinella zimbabwensis* Pozio, Foggin, Marucci, La-Rosa, Sacchi, Corona, Rossi & Mukaratirwa, 2002, *Trichinella patagoniensis* Krivokapich, Pozio, Gatti, Prous, Ribicich, Marucci, La Rosa & Confalonieri, 2012 (Pozio & Zarlenga 2013). Všechny tyto druhy mohou infikovat širokou škálu savců, včetně lidí. Kromě toho *Trichinella pseudospiralis* infikuje i ptáky a *Trichinella papuae* a *Trichinella zimbabwensis* také infikují některé druhy plazů (Pozio & Murrell 2006).

#### 3.4.1 Životní cyklus

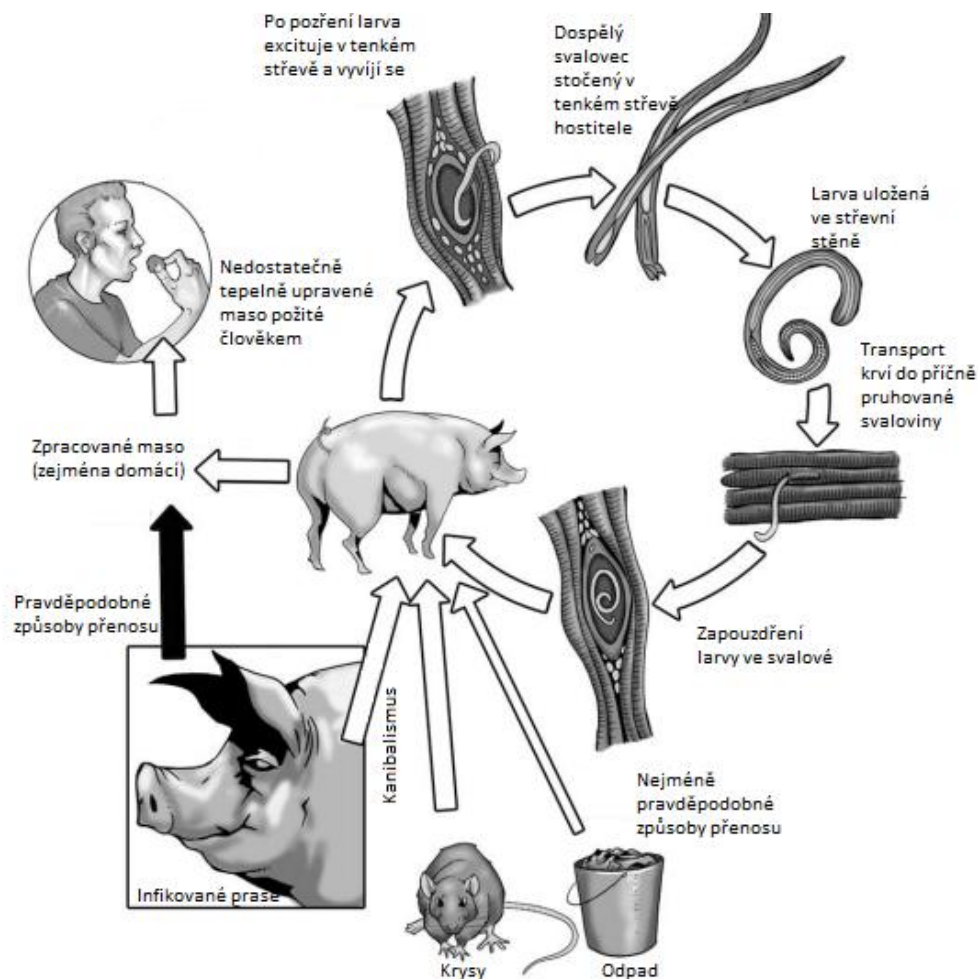
Vývojový cyklus bude popsán na zástupci svalovci stočeném (*Trichinella spiralis*). Životní cyklus tohoto parazita v novém hostiteli začíná konzumací syrového infikovaného masa hostitele předchozího. Po požití se svalovec stočený uvolní z kontaminované tkáně, což je umožněno žaludečními kyselinami a pepsinem. Tyto látky rozpouští bílkovinnou část jídla.

Parazit je schopen přežít, protože je pokryt odolným povlakem, který mu umožňuje projít ze žaludku do tenkého střeva, uvolnit se z kapslí a zůstat nepoškozený. V trávicím traktu hostitele se uvolní z takzvaných „nurse cells“ (Obrázek 7), což jsou zvláštní útvary, které svalovec vytváří pomocí exkrece-sekrečních produktů ve svalových vláknech (Despommier 2013).



**Obrázek 7** komplex „nurse cell“-larva *Trichinella spiralis* (Despommier 2013)

Krátce poté uvolněné larvy pronikají absorpčními a pohárkovými buňkami sliznice střeva a během 24 hodin dosahují pohlavní zralosti a dochází ke kopulaci. Po kopulaci se samice zavrtávají hlouběji do mukózy a submukózy tenkého střeva, kde začínají klást larvy prvního stupně a dospělí jedinci následně hynou. Larvy prvního stupně jsou následně přenášeny krevním řečištěm do srdce, dále vstupují do periferní cirkulace hostitele a přenášejí se do různých tělních tkání, zejména do příčně pruhované svaloviny, bránice, jazyka, svalů čelistí, hrtanu a očí. Larvy se v těchto tkáních vyvíjí během asi 8 týdnů do infekční fáze. Poté dochází k zapouzdření larvy elipsoidní kapslí hostitelského původu. Nakonec se tato kapsle stane kalcifikovanou. Ve tkáni hostitelů mohou larvy přetrvat infekční i několik let. V momentě, kdy je infikovaná tkáň pozřena dalším hostitelem (Obrázek 8), larva excituje a obnovuje životní cyklus (Bogitsh et al. 2005).



Obrázek 8 Životní cyklus *Trichinella spiralis* (upraveno podle Bogitsh et al. 2005)

### 3.4.2 Svalovci rodu *Trichinella* a člověk

Onemocnění, které způsobují svalovci rodu *Trichinella* u lidí, se nazývá trichinelóza a je jednou z nejdůležitějších zoonotických parazitóz spojených s potravinami a s celosvětovou distribucí, která může končit i smrtí infikované osoby. Zatímco riziko trichinelózy u lidí bylo historicky nejčastěji spojováno s vepřovým masem pocházejícím z prasete domácího, moderní systémy produkce vepřového masa a programy kontroly porážky snížily nebo vyloučily vepřové maso z komerčních chovů jako zdroj trichinelózy v mnoha rozvinutých zemích. Vepřové maso z komerčních chovů ve vyspělých zemích, které běžně podléhá veterinární prohlídce a laboratorním testům, v dnešní době již nepředstavuje významné riziko pro vznik trichinelózy. Mnohem vyšší riziko existuje pro spotřebitele masa z volně žijící zvěře a jiných druhů masných zvířat, které mohou být nakaženi svalovcem a pro které nejsou dodržovány správné metody chovu, kontroly, zpracování nebo přípravy. Jedná se především o maso pocházející z prasat divokých, medvědů nebo koní, ale také maso prasat domácích za



předpokladu špatných hygienických podmínek chovu a zanedbaných veterinárních prohlídek jatečných těl *post mortem*. Proto je velmi nevhodné konzumovat maso z neznámých zdrojů (Rostami et al. 2017). V Číně a na Slovensku bylo zdrojem infekce v několika ohniskách i psí maso (Dubinský et al. 2001b; Liu & Boireau 2002). Je zajímavé, že v Číně bylo jako zdroj infekce svalovcem hlášeno i maso skopové (Takahashi et al. 2000) a ve Spojených státech maso hovězí (Wilson et al. 2015). Přestože přirozené cesty infekce ovcí nebo skotu nejsou zřejmě díky tomu, že se jedná o býložravce, experimentální studie ukázaly, že ovce, kozy a skot mohou sloužit jako hostitelé parazitů rodu *Trichinella* (Reina et al. 1996; Theodoropoulos et al. 2000; Kořínková et al. 2006).

Lidé se nakazí trichinelózou tak, že zkonsumují syrové maso infikované svalovcem (*Trichinella* sp.). Dokonce i ochutnávání velmi malého množství syrového masa při přípravě nebo vaření vystavuje lidi riziku infekce (CDC 2012). Hlášeny jsou i případy transplacentárního přenosu infekce na plod (Dubinský et al. 2001a). Na celém světě je ročně zaznamenáno přibližně 10 000 případů trichinelózy (CDC 2012). V letech 1986 — 2009 bylo zaznamenáno celkem 65 818 pacientů s trichinelózou, z toho 42 úmrtí ze 41 zemí (Murrell & Pozio 2011). V rámci Evropské unie bylo v roce 2017 hlášeno 224 případů lidské trichinelózy. Nejčastěji se nákaza vyskytovala v Rumunsku (86 případů) a v Bulharsku (55 případů). V České republice tato zoonóza hlášena v roce 2017 nebyla (EFSA & ECDC 2018).

### **3.4.3 Symptomy, diagnostika a léčba lidské trichinelózy**

Většina případů trichinelózy je asymptomatická, avšak v některých případech se mohou objevit symptomy, které korelují s konkrétní fází infekce. Ve střevní fázi, po požití špatně tepelně upraveného nejčastěji vepřového masa, které je kontaminováno cystami *Trichinella* sp., mohou příznaky zahrnovat bolest břicha, nevolnost a průjem. Svalová fáze začíná poté, co parazit proniká střevní stěnou hostitele a je transportován krevním řečištěm do různých částí lidského těla. Symptomy v této fázi zahrnují bolesti hlavy, horečku, bolesti a palpační citlivost svalů a edém kolem očí. V některých případech se mohou objevit plicní a neurologické příznaky (Mishra & Agrawal 2013). Mohou se objevit také alergické otoky nebo vyrážka, často je postižen srdeční sval a rozvíjí se myokarditida. Mezi postižené orgány svalové fáze infekce se řadí nejčastěji okohybné, žvýkácí, mezižeberní svaly, bránice, srdce, plíce a končetinové flexory. (Beneš 2009). Zatímco většina lidí má po infekci jen mírné příznaky, v případech, kdy je požit vysoký počet larev, může způsobit vážné onemocnění a v některých

případech i smrt (Foreyt et al. 2013). Dalším pravděpodobným projevem svalové fáze infekce, tímto parazitem by mohlo být významné snížení svalové síly, které bylo zaznamenáno u experimentálně infikovaných hlodavců (Park et al. 2018).

Diagnóza trichinelózy se stanovuje u pacientů, kteří konzumovali nedostatečně tepelně opracované maso a jejichž příznaky odpovídají tomuto onemocnění. Laboratorní diagnostika infekce tímto parazitem se nejčastěji provádí pomocí vyšetření krve na specifické protilátky. Dalšími rysy trichinelózy, které mohou být pozorovány během laboratorního rozboru krve jsou vysoká hodnota eosinofilie a zvýšená aktivita kreatinfosfokinázy. V některých případech může sloužit jako diagnostická metoda i svalová biopsie (CDC 2018b).

Střevní fázi infekce lze léčit antiparazitiky benzimidazoly jako je albendazol nebo mebendazol. Při léčbě svalové infekce však doposud nebyl vyvinut spolehlivý přípravek. K potlačení zánětlivých reakcí svalů se využívá kortikosteroidů jako je prednisolon, potlačujících imunitní reakci, což ale může vést k vážným komplikacím a způsobit dokonce smrt pacienta. Trichinelóza je velmi závažné onemocnění a vyžaduje okamžitou hospitalizaci pacienta (Beneš 2009). Případné prodlení v léčbě nebo stanovení diagnózy dává těmto parazitům možnost proniknutí do svalů a následnému opouzdření, což vede k rezistenci parazitů vůči léčivým přípravkům (Bruschi et al. 2005). Na druhou stranu léčiva, jako albendazol mohou mít vážné vedlejší nežádoucí účinky jako je například akutní selhání ledvin a teratogenní efekt (Gottstein et al. 2009).

#### **3.4.4 *Trichinella spiralis* a nádorová onemocnění**

Tradiční léčba nádorových onemocnění, jako je chemoterapie a radioterapie se zaměřují na snahu o eradikaci nádorových buněk. Tyto léčby nejenže dosáhly pouze omezeného úspěchu, ale také s nimi zůstávají nevyřešeny problémy s metastázemi nádorových buněk, likvidací normálních buněk nebo poškozením imunitního systému hostitele, proto bioterapie vzbuzuje čím dál větší zájem v oblasti léčby nádorových onemocnění. Tento způsob léčby se stává cílenou terapeutickou strategií pro léčbu nádorů a představuje pozoruhodnou koncepci nádorové terapie, která využívá různé mechanismy k potlačení nebo eliminaci nádorů za využití biologických činidel. Strategie této léčby v klinické praxi zahrnují například použití cytokinů, interferonů, monoklonálních protilátek, imunotoxinů, imunokonjugátů léčiv, kmenových buněk nebo protinádorových bioaktivních látek (Oldham 2009).

Kromě výše uvedených způsobů léčby bylo použito k léčbě nádorových onemocnění mnoho rostlin a organismů, kvasinkových, virových a parazitických činidel, které vykazovaly slibnou a významnou účinnost při inhibici nebo eradikaci nádorů. Přesněji řečeno, mnoho mikroorganismů včetně *Trichinella spiralis* úzce koreluje s nádory (Chen et al. 2011). Je zajímavé, že *Trichinella spiralis* může mít schopnost inhibovat růst tumoru a prodloužit dobu přežití hostitele. Bylo prokázáno, že u hlodavců infekce tímto parazitem inhibovala rakovinu mléčné žlázy a zvýšila dobu přežití subjektů (Apanasevich et al. 2002). Nedávno publikované výsledky poukazují na inhibici růstu tumoru a vzniku metastáz v plicích, u hlodavců perorálně infikovaných svalovcem stočeným, kterým byli injikovány buňky melanomu B16-F10, pravděpodobně prostřednictvím složitého mechanismu regulace cytokinů (Kang et al. 2013). Extrakt z larev *Trichinella spiralis* také zastavil v hlodavcích buněčný cyklus zhoubných buněk lidské chronické myeloidní leukémie a hepatomu H22 v G1 a S fázi (Wang et al. 2009). Na druhou stranu antigen *Trichinella spiralis* nevykazoval významnou ochrannou aktivitu proti karcinomu tlustého střeva u myší. Na základě těchto výsledků by svalovec stočený mohl být považován za potenciální zdroj protinádorových látek, který zároveň pravděpodobně vykazuje jedinečnou specifitu pro určitý typ nádorů (Eissa et al. 2019).

### **3.5 Prevence parazitárních infekcí lidí**

Parazitární infekce přenosné na člověka konzumací masa zůstávají stále významným problémem veřejného zdraví. Lidé se mohou nakazit požitím nedostatečně tepelně upraveného masa zvířat z domácích chovů, volně žijících, ale také komerčně chovaných. U komerčně chovaných zvířat určených k produkci masa je riziko parazitární infekce významně sníženo především dobrou hygienou chovu a veterinárními kontrolami, ale není zcela vyloučeno. Jedná se hlavně o zařízení, ve kterých zvířata mohou častěji přijít do kontaktu s potenciálním zdrojem nákazy například při volném pohybu na pastvinách. Proto je důrazně doporučováno provádění účinných preventivních opatření, aby se výrazně snížilo riziko infekce lidí. Tato opatření zahrnují především kontrolu jatečných zvířat po porážce a vzdělávání lidí v oblasti správného tepelného zpracování masa a dodržování hygienických zásad při přípravě pokrmů (Zolfaghari-Emameh et al. 2018).

### 3.5.1 Kontrola jatečných zvířat *post mortem*

Prohlídka jatečně upraveného těla (JUT) a orgánů poraženého zvířete po porážce představuje základní krok běžné kontroly masa v jatečných provozech (Berardinelli et al. 2014). Obvykle je založena na vizuálním vyšetření, méně často na palpaci, incizi a případně na laboratorních vyšetřeních. Kontrola masa detekuje stavy, které jsou většinou spojeny se zdravím zvířat a odhaluje rizika spojená s veřejným zdravím. Cílem je tedy odhalení jakýchkoliv patologických abnormalit a poskytnutí informací pro rozhodnutí o požitelnosti masa lidmi. Pokud je vyšetření masa na parazitární nákazu pozitivní (Obrázek 9), je vyloučeno z lidské spotřeby. V případě že maso není celkově napadeno například cysticerky tasemnic rodu *Taenia*, mohou být nenapadené části JUT prohlášeny za vhodné k lidské spotřebě po ošetření. Většina parazitů se během kontroly masa zjišťuje jen vizuálně, popřípadě palpačně nebo pomocí řezu v takzvaných predilekčních místech (žvýkací svaly, jazyk, játra) a běžně v případě negativního nálezu se neprovádějí žádné jiné testy, než jsou testy na přítomnost svalovců rodu *Trichinella* u jatečných zvířat náchylných k napadení tímto parazitem (Fredriksson-Ahomaa 2014). Testy na přítomnost *Trichinella sp.* jsou i v České republice povinné, a to pouze u zvířat náchylných k této parazitární infekci. Také každý ulovený kus prasete divokého by měl být podroben prohlídce, která odhalí přítomnost svalovců (Beneš 2009).

Murrell & Pozio (2000) odhadují, že roční náklady spojené s prohlídkou na napadení prasat svalovcem po porážce byly v Evropě přibližně 570 milionů. Nejrozšířenější metodou používanou na jatkách pro detekci *Trichinella sp.* je umělé trávení svalových vzorků pro uvolnění všech přítomných svalových larev a jejich vizualizace mikroskopicky (Gajadhar et al. 2009). I když vizuální kontrola poskytuje dobré komplexní hodnocení kvality jatečně upravených těl, má nevýhody, jako je nemožnost detekce některých parazitů, nebo některých jejich stádií, je náročná na pracovní sílu, zejména je-li nutné přímé mikroskopické vyšetření vzorků a má omezení z hlediska citlivosti a přesného určení druhu daného parazita. A proto se v mnohých případech dostatečná tepelná úprava svaloviny určené ke konzumaci stává jedním z nejdůležitějších opatření, jak zabránit parazitárním infekcím lidí (Dorny et al. 2009).



**Obrázek 9** Svalovina obsahující boubele (cysticerky) tasemnic rodu *Taenia* (Symeonidou et al. 2018)

### **3.5.2 Hygiena a tepelná úprava masa**

Parazité mohou být usmrceni teplotami pod bodem mrazu. Při zmrazování však musí být splněny velmi přísné podmínky a mělo by se provádět pod odborným dohledem. Běžné domácí zmrazování nelze považovat za účinnou metodu inaktivace všech zdrojů infekcí pocházejících z masa (Food Safety and Inspection Service 2013). Jedním z důvodů je i skutečnost, že někteří parazité jsou velmi odolní vůči chladu (Noeckler et al. 2019). Důkladné vaření však zničí všechny parazity (Food Safety and Inspection Service 2013). Vhodné kroky při manipulaci s potravinami, důkladné vaření a skladování jsou nezbytné pro prevenci onemocnění z potravin. Při tepelné úpravě je ideální použít teploměr na potraviny k ověření dosažení dostatečné vnitřní teploty masa (Tabulka 1). Po odstranění masa ze zdroje tepla je vhodné ho nechat tzv. odpočinout. Během odpočinku zůstává teplota masa konstantní nebo se stále zvyšuje, což ničí škodlivé organismy (Foodsafety.gov 2018).

**Tabulka 1** Bezpečné minimální vnitřní teploty opracování masa  
(upraveno podle CDC 2013; Food Safety and Inspection Service 2018)

Produkt	Minimální teplota v jádře produktu
Hovězí, vepřové, telecí a jehněčí steaky, kotlety, pečeně, celé kusy	62.8 °C, odpočinek nejméně 3 minuty
Mleté maso (hovězí, vepřové)	71.1 °C
Maso volně žijících zvířat	71 °C
Drůbež prsa, celý kus, stehna, křídla, mleté drůbeží maso, droby	73.9 °C

Kromě dostatečné tepelné úpravy masa, která by měla být při přípravě každého pokrmu samozřejmostí, je z hlediska zamezení parazitární infekce velice důležité i dodržování hygienických zásad v kuchyni. Mezi tato hygienická opatření patří především čistá pracovní plocha i používané nástroje a samozřejmě důkladné mytí rukou před kontaktem s masem. Dalším důležitým aspektem prevence je skladování syrového masa odděleně od ostatních potravin v uzavřené nádobě, z důvodu možnosti křížové kontaminace (Food Safety and Inspection Service 2018). Dodržování těchto zásad je obzvláště důležité v oblastech s nedostatečnou hygienou chovu zvířat, jatek, dalšího zpracování masa a masných produktů a v místech, kde je veterinární prohlídka jatečných zvířat před i po usmrcení zanedbávána (Zolfaghari-Emameh et al. 2018).

## 4 Závěr

Tato bakalářská práce přináší souhrn nejnovějších poznatků o parazitech přenosných na člověka požitím nedostatečně tepelně upravené svaloviny běžně konzumovaných druhů savců a drůbeže, což úzce souvisí s lidskou výživou. Ačkoliv ve většině vyspělých zemí jsou učiněna opatření, například veterinární a laboratorní prohlídky jatečných těl, která mají omezovat nákazu lidí, riziko infekce těmito parazity není nikdy zcela vyloučeno. Díky rozvoji cestovního ruchu do zemí s nedostatečnou kontrolou masa, určeného k lidské spotřebě, špatnými hygienickými podmínkami chovu, které usnadňují přenos parazitů a také přetrvávajícím tradicím některých oblastí konzumovat syrové nebo nedostatečně tepelně upravené maso, jsou parazitární nákazy stále aktuálním problémem veřejného zdraví. Bohužel časté jsou i případy pytláctví, kdy maso z ulovené zvěře není veterinárně ošetřeno a dostává se tak ke končeným spotřebitelům.

Infekce parazity zmíněnými v této bakalářské práci může u lidí vyvolat závažné zdravotní komplikace, ovlivnit fyzickou kondici hostitele, duševní zdraví a způsobit dokonce i smrt například u osob s poruchou imunity. Podle mého názoru by na každý kus syrového masa mělo být pohlíženo jako na potencionální zdroj parazitární infekce, jelikož ani důkladné veterinární prohlídky nezajistí stoprocentní zdravotní nezávadnost, obzvláště pokud se jedná o původce parazitóz, které pouhým okem nelze odhalit. Proto se dostatečná tepelná úprava potravin stává jediným plně účinným opatřením, jak lze zabránit parazitárním infekcím z masa. Nejúčinnějšími způsoby, jak mohou koneční spotřebitelé parazitárním nákazám předcházet jsou dodržování hygieny při přípravě pokrmů, aby nedocházelo k případné křížové kontaminaci a samozřejmě vhodná tepelná úprava svaloviny před konzumací. Při tepelné úpravě je velmi důležité, aby teplota jádra produktu dosáhla požadované hodnoty, a došlo tak k usmrcení případných zdrojů infekcí. Při vaření je tedy vhodné používat teploměr na potraviny, abychom se ujistili, že bezpečné minimální teploty bylo dosaženo i v jádře masného produktu, jelikož pouhá inspekce nezaručí jeho zdravotní nezávadnost.

V případě podezření na parazitární nákazu je vždy nutné navštívit lékaře, který v případě pozitivního nálezu zahájí vhodnou léčbu. Bohužel, u některých parazitárních nákaz nemusí být léčba vždy úspěšná, nebo dosud nebyl vyvinut účinný prostředek pro terapii. Je proto velmi důležité, aby široká veřejnost získala povědomí o rizicích vznikajících při konzumaci nedostatečně tepelně upraveného masa.

Na druhou stranu parazité, jako například *Trichinella spiralis* jsou pravděpodobně schopni inhibice růstu některých typů nádorů u hlodavců. Tato skutečnost by v budoucnu mohla hrát zásadní roli v léčbě rakoviny.



## 5 Literatura

- Algaba IG, Verhaegen B, Jennes M, Rahman M, Coucke W, Cox E, Dorny P, Dierick K, De Craeye S. 2018. Pork as a source of transmission of *Toxoplasma gondii* to humans: a parasite burden study in pig tissues after infection with different strains of *Toxoplasma gondii* as a function of time and different parasite stages. *International Journal for Parasitology* **48**:555-560.
- Alves MEM, Cadore GC, Oliveira CS, Portella LP, Sangioni LA, Vogel FSF. 2018. Caracterização molecular de *Sarcocystis* spp. em amostras de carne / Molecular characterization of *Sarcocystis* spp. in samples of meat. *Pesquisa Veterinária Brasileira* **38**:425-429.
- Apanasevich, VI, Britov VA, Zban'lu V. 2002. Antitumor crossresistance of trichinosis. *Voprosy Onkologii*. **48**:223-226.
- Arora MP. 2006. Non-chordata. Himalaya Publishing House, Mumbai.
- Barnard CJ. 1990. Parasitic relationships. Pages 1-33 in Barnard CJ, Behnke JM, editors. *Parasitism and Host Behaviour*. Taylor and Francis, London.
- Bártová E, Sedlák K, Literák I. 2009. Serologic survey for toxoplasmosis in domestic birds from the Czech Republic. *Avian Pathology* **38**:317-320.
- Belluco S, Patuzzi I, Ricci A. 2018. Bovine meat versus pork in *Toxoplasma gondii* transmission in Italy: A quantitative risk assessment model. *International Journal of Food Microbiology* **269**:1-11.
- Beneš J. 2009. *Infekční lékařství*. Galén, Praha.
- Berardinelli P, Ianniciello R, Russo V, Ninios T. 2014. *Post-Mortem* Inspection and Related Anatomy. Pages 73-155 in Ninios T, Lundén J, Korkeala H, Fredriksson-Ahomaa M, editors. *Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse*. Wiley Blackwell, Chichester.
- Bogitsh BJ, Carter CE, Oeltmann TN. 2005. *Human parasitology*. Elsevier Academic Press, Boston.
- Bruschi F, Dupouy-Camet J, Kociecka W, Pozio E, Bolas-Fernandez F. 2005. Opinion on the diagnosis and treatment of human trichinellosis. *Expert Opinion on Pharmacotherapy* **3**:1117-1130.
- Carabin H, Winkler AS, Dorny P, Hotez PJ. 2017. *Taenia solium* cysticercosis and taeniosis: Achievements from the past 10 years and the way forward. *PLOS Neglected Tropical Diseases* (e0005478) DOI: 10.1371/journal.pntd.0005478.
- Carme B, et al. 2002. Severe Acquired Toxoplasmosis in Immunocompetent Adult Patients in French Guiana. *Journal of Clinical Microbiology* **40**:4037-4044.

- CDC. 2012. Trichinellosis – Epidemiology & Risk Factors. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. Available from <https://www.cdc.gov/parasites/trichinellosis/epi.html> (accessed February 2019).
- CDC. 2013. Trichinellosis – Prevention & Control. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. Available from <https://www.cdc.gov/parasites/trichinellosis/prevent.html> (accessed February 2019).
- CDC. 2018a. Toxoplasmosis-Resources for Health Professionals. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. Available from [https://www.cdc.gov/parasites/toxoplasmosis/health\\_professionals/index.html#tx](https://www.cdc.gov/parasites/toxoplasmosis/health_professionals/index.html#tx) (accessed February 2019).
- CDC. 2018b. Trichinellosis – Resources for Health Professionals, Atlanta. Available from [https://www.cdc.gov/parasites/trichinellosis/health\\_professionals/index.html](https://www.cdc.gov/parasites/trichinellosis/health_professionals/index.html) (accessed February 2019).
- Coral-Almeida M, Gabriël S, Abatih EN, Praet N, Benitez W, Dorny P, Torgerson PR. 2015. *Taenia solium* Human Cysticercosis: A Systematic Review of Sero-epidemiological Data from Endemic Zones around the World. PLOS Neglected Tropical Diseases (e0003919) DOI: 10.1371/journal.pntd.0003919.
- Del Brutto OH, García HH. 2014. Cysticercosis of the Human Nervous System. Springer, Berlin.
- Despommier DD. 2013. People, parasites, and plowshares: learning from our body's most terrifying invaders. Columbia University Press, New York.
- Devleeschauwer B, Aryal A, Joshi DD, Rijal S, Sherchand JB, Praet N, Speybroeck N, Duchateau L, Vercruyse J, Dorny P. 2012. Epidemiology of *Taenia solium* in Nepal: is it influenced by the social characteristics of the population and the presence of *Taenia asiatica*?. International Journal for Parasitology **17**:1019-1022.
- Dorny P, Phiri IK, Vercruyse J, Gabriel S, Willingham AL, Brandt J, Victor B, Speybroeck N, Berkvens D. 2004. A Bayesian approach for estimating values for prevalence and diagnostic test characteristics of porcine cysticercosis. International Journal for Parasitology **34**:569-576.
- Dorny P, Praet N, Deckers N, Gabriel S. 2009. Emerging food-borne parasites. Veterinary Parasitology **163**:196-206.
- Dorny P, Praet N. 2007. *Taenia saginata* in Europe. Veterinary Parasitology **149**:22-24.
- Dubey JP, Beattie CP. 1988. Toxoplasmosis of animals and man. CRC Press, Florida.
- Dubey JP, Brown JD, Granstrom DE, Neafie RC, Arness MK. 1999. An outbreak of acute eosinophilic myositis attributed to human Sarcocystis parasitism. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene **61**:548-553.

- Dubey JP, Calero-Bernal R, Rosenthal B, Speer CA, Fayer R. 2016. Sarcocystosis of animals and humans. CRC Press, Boca Raton.
- Dubey JP, van Wilpe E, Calero-Bernal R, Verma SK, Fayer R. 2015. *Sarcocystis heydorni*, n. sp. (Apicomplexa: Sarcocystidae) with cattle (*Bos taurus*) and human (*Homo sapiens*) cycle. Parasitology Research **114**:4143-4147.
- Dubey JP. 1998. Re-examination of resistance of *Toxoplasma gondii* tachyzoites and bradyzoites to pepsin and trypsin digestion. Parasitology **116**:43-50.
- Dubey JP. 2009. History of the discovery of the life cycle of *Toxoplasma gondii*. International Journal for Parasitology **39**:877-882.
- Dubey JP. 2010. Toxoplasmosis of animals and humans. CRC Press, Florida.
- Dubinský P, Böör A, Kinčeková J, Tomašovičová O, Reiterová K, Bielik P. 2001a. Congenital trichinellosis? Case report. Parasite **8**:180-182.
- Dubinský P, Štefančíková A, Kinčeková J, Ondriska F, Reiterová K, Medvedová M. 2001b. Trichinellosis in the Slovak Republic. Parasite **8**:100-102.
- Dubná S, Langrová I, Nápravník J, Jankovská I, Vadlejch J, Pekár S, Fechtner J. 2007. The prevalence of intestinal parasites in dogs from Prague, rural areas, and shelters of the Czech Republic. Veterinary Parasitology **145**:120-128.
- EFSA, ECDC. 2018. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. EFSA Journal **16**:1-262
- Eissa MM, Ismail CA, El-Azzouni MZ, Ghazy AA, Hadi MA. 2019. Immuno-therapeutic potential of *Schistosoma mansoni* and *Trichinella spiralis* antigens in a murine model of colon cancer. Investigational New Drugs **37**:47-56.
- Fan PC, Chung WC, Lin CY, Wu CC, Soh CT. 1990. Experimental infection of Thailand *Taenia* (Chiengmai strain) in domestic animals. International Journal for Parasitology **20**:121-123.
- Fan PC, Lin CY, Chung WC, Chung WC, Soh CT. 1992. Experimental infection of philippine *Taenia* in domestic animals. International Journal for Parasitology **22**:235-238.
- Fan PC, Lin CY, L Kosman M, Kosin E. 1989a. Experimental infection of Indonesia *Taenia* (Samosir strain) in domestic animals. International Journal for Parasitology **19**:809-812.
- Fan PC, Lin CY, Wu CC, Chung WC, Soh CT. 1989b. Experimental studies of Korea *Taenia* (Cheju strain) infection in domestic animals. International Journal for Parasitology **83**:395-403.
- Fan PC. 1988. Taiwan *Taenia* and Taeniasis. Parasitology Today **4**:86-88.
- Fat AI, Tabaran A, Dan SD, Reget O, Cordis I, Cordea D, Mihaiu M. 2017. Molecular Identification and Prevalence of *Sarcocystis Suihominis* in Pork Meat Intended for Public

- Consumption. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Veterinary Medicine **74**:48-54.
- Fayer R, Esposito DH, Dubey JP. 2015. Human Infections with *Sarcocystis* Species. Clinical Microbiology Reviews **28**:295-311.
- Fayer R. 2004. *Sarcocystis* spp. in Human Infections. Clinical Microbiology Reviews **17**:894-902.
- Flegr J, Lenochová P, Hodný Z, Vondrová M, Webster JP. 2011. Fatal Attraction Phenomenon in Humans – Cat Odour Attractiveness Increased for Toxoplasma-Infected Men While Decreased for Infected Women. PLoS Neglected Tropical Diseases (e1389) DOI: 10.1371/journal.pntd.0001389
- Fogang Y, Sawadogo A, Camara M, Toffa D, Sow A, Ndiaye MM, Basse A. 2015. Managing neurocysticercosis: challenges and solutions. International Journal of General Medicine **8**:333-344.
- Food Safety and Inspection Service. 2013. Freezing and Food Safety. USDA. Available from [https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/safe-food-handling/freezing-and-food-safety/CT\\_Index](https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/safe-food-handling/freezing-and-food-safety/CT_Index) (accessed February 2019).
- Food Safety and Inspection Service. 2018. Safe Minimum Internal Temperature Chart. USDA. Available from [https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/safe-food-handling/safe-minimum-internal-temperature-chart/ct\\_index](https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/safe-food-handling/safe-minimum-internal-temperature-chart/ct_index) (accessed February 2019).
- Foodsafety.gov. 2018. Safe Minimum Cooking Temperatures. U. S. Department of Health & Human Services, Washington,DC. Available from <https://www.foodsafety.gov/keep/charts/mintemp.html> (accessed February 2019).
- Foreyt B, Abbott RC, Van Riper C. 2013. Trichinosis. Geological Survey, Virginia.
- Fredriksson-Ahomaa M, Näreaho A. 2014. Parasites. Pages 314-323 in Ninios T, Lundén J, Korkeala H, Fredriksson-Ahomaa M editors. Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse. Wiley Blackwell, Chichester.
- Gajadhar AA, Pozio E, Ray Gamble H, Nöckler K, Maddox-Hyttel C, Forbes LB, Vallée I, Rossi P, Marinculić A, Boireau P. 2009. Trichinella diagnostics and control: Mandatory and best practices for ensuring food safety. Veterinary Parasitology **159**:197-205.
- Gajadhar AA. 2015. Foodborne parasites in the food supply web: occurrence and control. Elsevier, Boston.
- García LS. 2007. Diagnostic medical parasitology. ASM Press, Washington, D.C.
- García REM, Jiménez RGR. 2011. Felines: behavior, classification, and diseases. Nova Science Publisher's, New York.

- Gaskell EA, Smith JE, Pinney JW, Westhead DR, McConkey GA, Ho PL, Ho PL. 2009. A Unique Dual Activity Amino Acid Hydroxylase in *Toxoplasma gondii*. PLoS ONE (e4801)  
DOI: 10.1371/journal.pone.0004801
- Gómez-Morales MA et al. 2017. Present status of laboratory diagnosis of human taeniosis/cysticercosis in Europe **36**:2029-2040.
- Gottstein B, Pozio E, Nockler K. 2009. Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Control of Trichinellosis. Clinical Microbiology Reviews **22**:127-145.
- Hill DE, Dubey JP. 2018. *Toxoplasma gondii*. Pages 119-138 in Ynés R, Sterling CHR, editors. Foodborne Parasites. Springer International Publishing. Cham.
- Hu JJ, Wen T, Chen XW, Liu TT, Esch GW, Huang S. 2016. Prevalance, Morphology, and Molecular Characterization of *Sarcocystis heydorni* Sarcocysts from Cattle (*Bos Taurus*) in China. Journal of Parasitology **102**:545-548.
- Chan T, Shannon PT, Detsky ME. 2018. An unexpected but underestimated case of disseminated toxoplasmosis. Transplant Infectious Disease (e12818)  
DOI: 10.1111/tid.12818.
- Chang PY, Mahmud R, Lau YL, Fong MY, Wong KT, Tan CT. 2014. *Sarcocystis nesbitti* Infection in Human Skeletal Muscle: Possible Transmission from Snakes. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene **90**:361-364.
- Chen L, He Z, Qin L, Li Q, Shi X, Zhao S, Chen L, Zhong N, Chen X, Chu HW. 2011. Antitumor Effect of Malaria Parasite Infection in a Murine Lewis Lung Cancer Model through Induction of Innate and Adaptive Immunity. PLoS ONE (e24407)  
DOI: 10.1371/journal.pone.0024407
- Chiesa F, Nucera D, Gili S, Tursi M. 2013. Diagnostic criteria of chronic lesions caused by *Taenia saginata* metacestodes in bovine myocardium. Large Animal Review **19**:242-245.
- Italiano CM, Wong KT, AbuBakar S, Lau YL, Ramli N, Syed Omar SF, Kahar Bador M, Tan CT, Vinetz JM. 2014. *Sarcocystis nesbitti* Causes Acute, Relapsing Febrile Myositis with a High Attack Rate: Description of a Large Outbreak of Muscular Sarcocystosis in Pangkor Island, Malaysia, 2012. PLoS Neglected Tropical Diseases (e2876)  
DOI: 10.1371/journal.pntd.0002876
- Ito A, Nakao M, Wandra T. 2003. Human taeniasis and cysticercosis in Asia. The Lancet **362**:1918-1920.
- Ito A, Yanagida T, Nakao M. 2016. Recent advances and perspectives in molecular epidemiology of *Taenia solium* cysticercosis. Infection, Genetics and Evolution **40**:357-367.
- Jíra J. 2009. Lékařská protozoologie: protozoální nemoci. Galén, Praha.
- Jones JL, Fiore AE, Parise ME. 2014. Neglected Parasitic Infections in the United States: Toxoplasmosis. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene **90**:794-799.

- Jorgensen JH, Pfaller MA, Carroll KC. 2015. Manual of clinical microbiology. ASM Press, Washington, D.C.
- Kang YJ, Jo JO, Cho MK, Yu HS, Leem SH, Song KS, Ock MS, Cha HJ. 2013. *Trichinella spiralis* infection reduces tumor growth and metastasis of B16-F10 melanoma cells. *Veterinary Parasitology* **196**:106-113.
- Katurahara M et al. 2013. Rare Case of Disseminated Cysticercosis and Taeniasis in a Japanese Traveler after Returning from India. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **89**:58-62.
- Kocazeybek B et al. 2009. Higher prevalence of toxoplasmosis in victims of traffic accidents suggest increased risk of traffic accident in Toxoplasma-infected inhabitants of Istanbul and its suburbs. *Forensic Science International* **187**:103-108.
- Kolbekova P, Kourbatova E, Novotna M, Kodym P, Flegr J. 2007. New and old risk-factors for *Toxoplasma gondii* infection: prospective cross-sectional study among military personnel in the Czech Republic. *Clinical Microbiology and Infection* **13**:1012-1017.
- Kořínková K, Pavlíčková Z, Kovařík K, Koudela B. 2006. Distribution of muscle larvae and antibody dynamics in goats experimentally infected with *Trichinella spiralis*. *Parasitology Research* **99**:643-647.
- Koudela, B. 2005. Izosporóza a sarkocystóza v humánní a veterinární praxi. Pages 10-12 in Tolarová V, editor. Seminář Oportunní a opomíjené protozoární střevní nákazy. ČLS JEP, Praha.
- Labbé RG, García S. 2013. Guide to foodborne pathogens. Wiley Blackwell, West Sussex.
- Lindová J, Novotná M, Havlíček J, Jozífková E, Skallová A, Kolbeková P, Hodný Z, Kodym P, Flegr J. 2006. Gender differences in behavioural changes induced by latent toxoplasmosis. *International Journal for Parasitology* **36**:1485-1492.
- Liu M, Boireau P. 2002. Trichinellosis in China: epidemiology and control. *Trends in Parasitology* **18**:553-556.
- Máca O. 2018. Molecular identification of *Sarcocystis lutrae* in the European otter (*Lutra lutra*) and the European badger (*Meles meles*) from the Czech Republic. *Parasitology Research* **117**:943-945.
- Maldonado YA, Read JS. 2017. Diagnosis, Treatment, and Prevention of Congenital Toxoplasmosis in the United States. *Pediatrics* (e20163860) DOI: 10.1542/peds.2016-3860
- McGavin MD, Carlton W, Zachary JF, Thomson RG. 2001. Thomson's special veterinary pathology. Mosby, St. Louis.
- Mishra S, Agrawal D. 2013. A concise manual of pathogenic microbiology. Wiley-Blackwell, New Jersey.

- Montoya JG, Liesenfeld O. 2004. Toxoplasmosis. The Lancet **363**:1965-1976.
- Moore J, Gotelli NJ. 1990. A phylogenetic perspective on the evolution of altered host behaviours: a critical look at the manipulation hypothesis. Pages 193-233 in Bernard CJ, Behnke JM, editors. Parasitism and Host Behaviour. Tylor & Fancis, London.
- Murata R, Suzuki J, Hyuga A, Shinkai T, Sadamasu K. 2018. Molecular identification and characterization of *Sarcocystis* spp. in horsemeat and beef marketed in Japan. Parasite **25**:1-8.
- Murrell KD, Pozio E. 2000. Trichinellosis: the zoonosis that won't go quietly. International Journal for Parasitology **30**:1339-1349.
- Murrell KD, Pozio E. 2011. Worldwide Occurrence and Impact of Human Trichinellosis, 1986–2009. Emerging Infectious Diseases **17**:2194-2202.
- Nery TB, Gelape CL, Passaglia LG, Carmo GAL. 2018. Cardiac cysticercosis: A rare cause of myocardial infarction. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery **155**:155-158.
- Noeckler K, Pozio E, van der Giessen J, Hill DE, Gamble HR. 2019. International Commission on Trichinellosis: Recommendations on post-harvest control of *Trichinella* in food animals. Food and Waterborne Parasitology (e00041)  
DOI: 10.1016/j.fawpar.2019.e00041
- Oldham RK. 2009. Cancer biotherapy: general principles. Pages 1-22 in Oldham RK, Dillman RO editors. Principles of Cancer Biotherapy. Springer, Dordrecht.
- Parija SC, Ponnambath DK. 2013. Laboratory diagnosis of *Taenia asiatica* in humans and animals. Tropical Parasitology **3**:120-124.
- Park M-K, Kang Y-J, Jo J-O, Baek K-W, Yu H-S, Choi YH, Cha H-J, Ock MS. 2018. Effect of Muscle Strength by *Trichinella spiralis* Infection during Chronic Phase. International Journal of Medical Sciences **15**:802-807.
- Poulsen CS, Stensvold CR. 2014. Current Status of Epidemiology and Diagnosis of Human Sarcocystosis. Journal of Clinical Microbiology **52**:3524-3530.
- Pozio E, Darwin Murrell K. 2006. Systematics and Epidemiology of *Trichinella*. Advances in Parasitology **63**:367-439.
- Pozio E, Zarlenga DS. 2013. New pieces of the *Trichinella* puzzle. International Journal for Parasitology **43**:983-997.
- Prandovszky E, Gaskell E, Martin H, Dubey JP, Webster JP, McConkey GA, Ho PL. 2011. The Neurotropic Parasite *Toxoplasma gondii* Increases Dopamine Metabolism. PLoS ONE (e23866) DOI:10.1371/journal.pone.0023866
- Raoul F et al. 2013. Advances in diagnosis and spatial analysis of cysticercosis and taeniasis. Parasitology **140**:1578-1588.

- Reina D, Muñoz-Ojeda MC, Serrano F, Molina JM, Navarrete I. 1996. Experimental trichinellosis in goats. *Veterinary Parasitology* **62**:125-132.
- Rostami A, Gamble HR, Dupouy-Camet J, Khazan H, Bruschi F. 2017. Meat sources of infection for outbreaks of human trichinellosis. *Food Microbiology* **64**:65-71.
- Saleque A, Juyal PD, Bhatia BB. 1990. Effect of temperature on the infectivity of *Sarcocystis miescheriana* cysts in pork. *Veterinary Parasitology* **36**:343-346.
- Silva RC, Langoni H. 2009. *Toxoplasma gondii*: host–parasite interaction and behavior manipulation. *Parasitology Research* **105**:893-898.
- Skorpikova L, Reslova N, Lorencova A, Plhal R, Drimaj J, Kamler J, Slany M. 2018. Molecular detection of *Toxoplasma gondii* in feathered game intended for human consumption in the Czech Republic. *International Journal of Food Microbiology* **286**:75-79.
- Slany M, Reslova N, Babak V, Lorencova A. 2016. Molecular characterization of *Toxoplasma gondii* in pork meat from different production systems in the Czech Republic. *International Journal of Food Microbiology* **238**:252-255.
- Symeonidou I, Arsenopoulos K, Tzilves D, Soba B, Gabriël S, Papadopoulos E. 2018. Human taeniasis/cysticercosis: a potentially emerging parasitic disease in Europe. *Annals of Gastroenterology* **31**:406-412.
- SZÚ, CEM. 2013. Aktuální epidemiologická situace výskytu teniózy. Internetový portál bezpečnosti potravin. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/aktualni-epidemiologicka-situace-ve-vyskytu-teniozy.aspx> (accessed February 2019).
- Takahashi Y, Mingyuan L, Waikagul J. 2000. Epidemiology of trichinellosis in Asia and the Pacific Rim. *Veterinary Parasitology* **93**:227-239.
- Tenter AM, Heckeroth AR, Weiss LM. 2000. *Toxoplasma gondii*: from animals to humans. *International Journal for Parasitology* **30**:1217-1258.
- Tenter AM. 1995. Current research on *Sarcocystis* species of domestic animals. *International Journal for Parasitology* **25**:1311-1330.
- Tenter AM. 2009. *Toxoplasma gondii* in animals used for human consumption. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **104**:364-369.
- Theodoropoulos G, Kapel CMO, Webster P, Saravanos L, Zaki J, Koutsotolis K. 2000. Infectivity, predilection sites, and freeze tolerance of *Trichinella* spp. in experimentally infected sheep. *Parasitology Research* **86**:401-405.
- Tian M, Chen Y, Wu L, Rosenthal BM, Liu X, He Y, Dunams DB, Cui L, Yang Z. 2012. Phylogenetic analysis of *Sarcocystis nesbitti* (Coccidia: Sarcocystidae) suggests a snake as its probable definitive host. *Veterinary Parasitology* **183**:373-376.
- Torrey EF, Yolken RH. 2003. *Toxoplasma gondii* and Schizophrenia. *Emerging Infectious Diseases* **9**:1375-1380.



- Van De N. 2003. Molecular identification of *Taenia asiatica* isolated from a patient in Ha Tay province of Vietnam. *Journal of Medical and Pharmaceutical Information* **10**:28–32
- Velásquez JN, Di Risio C, Etchart CB, Chertcoff AV, Mendez N, Cabrera MG, Labbé JH, Carnevale S. 2008. Systemic sarcocystosis in a patient with acquired immune deficiency syndrome. *Human Pathology* **39**:1263-1267.
- Volf P, Horák P. 2007. *Paraziti a jejich biologie*, 1. Triton, Praha.
- Vyas A, Kim S-K, Giacomini N, Boothroyd JC, Sapolsky RM, Ho PL, Ho PL. 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**:6442-6447.
- Wang XL et al. 2009. *Trichinella spiralis*—A potential anti-tumor agent. *Veterinary Parasitology* **159**:249-252.
- Wassermann M et al. 2017. Examination of *Sarcocystis* spp. of giant snakes from Australia and Southeast Asia confirms presence of a known pathogen – *Sarcocystis nesbitti*. *PLOS ONE* (e0187984) DOI: 10.1371/journal.pone.0187984
- WHO. 2018. Fact sheet on taeniasis/cysticercosis (updated February 2018). *Weekly Epidemiological Record*. **93**:630-632
- Willner P. 1997. The dopamine hypothesis of schizophrenia. *International Clinical Psychopharmacology* **12**:297-308.
- Wilson NO, Hall RL, Montgomery SP, Jones JL. 2015. Trichinellosis Surveillance — United States, 2008–2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report: Surveillance Summaries* **64**:1-8.
- Yagmur F, Yazar S, Temel HO, Cavusoglu M. 2010. May *Toxoplasma gondii* increase suicide attempt-preliminary results in Turkish subjects?. *Forensic Science International* **199**:15-17.
- Yamasaki H. 2013. Current status and perspectives of cysticercosis and taeniasis in Japan. *Korean Journal Parasitology* **51**:19–29
- Yang ZQ et al. 2005. A taxonomic re-appraisal of *Sarcocystis nesbitti* (Protozoa: Sarcocystidae) from the monkey *Macaca fascicularis* in Yunnan, PR China. *Parasitology International* **54**:75-81.
- Yereli K, Balcioğlu IC, Özbilgin A. 2006. Is *Toxoplasma gondii* a potential risk for traffic accidents in Turkey?: a retrospective case-control study. *Forensic Science International* **163**:34-37.
- Yolken R, Torrey EF, Dickerson F. 2017. Evidence of increased exposure to *Toxoplasma gondii* in individuals with recent onset psychosis but not with established schizophrenia. *PLOS Neglected Tropical Diseases* (e0006040) DOI: 10.1371/journal.pntd.0006040.

- Zarlenga DS, George M. 1995. *Taenia crassiceps*: Cloning and Mapping of Mitochondrial DNA and Its Application to the Phenetic Analysis of a New Species of *Taenia* from Southeast Asia. *Experimental Parasitology* **81**:604-607.
- Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem. 2017. Statistika parazitů. Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem. Available from <http://www.zuusti.cz/statistiky-parazitu/> (accessed February 2019).
- Zhang L et al. 1999. First discovery of *Taenia saginata asiatica* infection in Yunnan province. *Zhongguo Ji Sheng Chong Xue Yu Ji Sheng Chong Bing Za Zhi* **17**:95–96.
- Zolfaghari Emameh R, Purmonen S, Sukura A, Parkkila S. 2018. Surveillance and diagnosis of zoonotic foodborne parasites **6**:3-17.