

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



Strategie šíření *Toxoplasma gondii* a její dopad na člověka

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Anna Nováková
Studijní program:	B0114A030003 Biologie pro vzdělávání
Studijní obor:	Biologie pro vzdělávání maior a chemie pro vzdělávání minor
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	RNDr. Ivona Uvírová, Ph.D.
Rok:	2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Olomouci dne

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce RNDr. Ivoně Uvírové, Ph.D. za její ochotu, vstřícnost a čas, který mi poskytla, odborné rady, doporučení, a hlavně celkové vedení, bez něhož by tato práce nevznikla.

Mé díky dále patří mé rodině, jakožto neoddiskutovatelné opoře, a v neposlední řadě také mým akademickým kolegům, se kterými jsme při sobě několik let stáli a vzájemně se podporovali ve studiu.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Anna Nováková
Název práce	Strategie šíření <i>Toxoplasma gondii</i> a její dopad na člověka
Typ práce	Bakalářská
Pracoviště	Katedra zoologie
Vedoucí práce	RNDr. Ivona Uvírová, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2023

Abstrakt

Toxoplazmóza je parazitické onemocnění postihující teplokrevné živočichy, tedy ptáky a savce, přičemž výjimkou není ani člověk. Její původce, *Toxoplasma gondii* (Nicolle, Manceaux, 1908), je výtrusovec, který pro úspěšné dokončení životního cyklu potřebuje definitivního hostitele, jímž jsou kočkovité šelmy. Jeho úspěšné šíření mezi hostiteli zajišťují různé strategie, do nichž spadá také napadení teplokrevných meziphostitelů, tedy včetně člověka. Jedná se o onemocnění v lidské populaci velmi hojné, přičemž velká většina případů přechází z rané fáze akutní do fáze latentní, tedy *zdánlivě* bezpříznakové a život bezprostředně neohrožující. Pouze malé procento lidských meziphostitelů prodělá akutní, závažný průběh. Po prodělání nákazy v lidském hostiteli zůstávají tkáňové cysty prvoka doživotně. Navzdory původní domněnce o neškodnosti jeho přítomnosti je dnes už známo, že tento stav má dalekosáhlé následky a vliv na další život meziphostitele. Onemocnění i jeho původce jsou v různé míře prezentovány na středních školách, zejména jde o taxonomické zařazení, zjednodušený životní cyklus, symptomy, důsledky a případnou prevenci. Nezřídka je toxoplazmóza uváděna jako rizikový faktor pro těhotné ženy, méně už jsou ale představeny její další vlivy na kvalitu života nakažených jedinců. Tato bakalářská práce předkládá rešerši nejzávažnějších působení *Toxoplasma gondii* na člověka a navrhuje vhodnou formou zařazení *Toxoplasma gondii* do výuky na základních a středních školách.

Klíčová slova	Toxoplazmóza, <i>Toxoplasma gondii</i> , prvoci, výtrusovci, infekce, nákaza, přenos, cysty, životní cyklus, vývojová stádia, hostitel, meziphostitel, symptomy, akutní fáze, latentní fáze, didaktická kapitola
Počet stran	46
Počet příloh	0
Jazyk	Český (anglický)

Bibliographical identification

Autor's first name and surname	Anna Nováková
Title	Strategies for the spread of <i>Toxoplasma gondii</i> and its impact on humans
Type of thesis	Bachelor
Department	Department of zoology
Supervisor	RNDr. Ivona Uvírová, Ph.D.
The year of presentation	2023

Abstract

Toxoplasmosis is a parasitic disease affecting warm-blooded animals, i.e. birds and mammals, with humans being no exception. The causative agent, *Toxoplasma gondii* (Nicolle, Manceaux, 1908), is a spore-forming organism that requires a definitive host, which is felids, to successfully complete its life cycle. Its successful spread between hosts is ensured by various strategies, which also include infecting warm-blooded intermediate hosts, including humans. It is a very common disease in the human population, with the vast majority of cases moving from an early acute phase to a latent phase, i.e. apparently asymptomatic and not immediately life-threatening. Only a small percentage of human intermediate hosts will experience an acute, severe course. After infection in a human host, the protozoan tissue cysts remain for life. Despite the original assumption that it was harmless, this condition is now known to have far-reaching consequences and effects on the future life of the intermediate host. The disease and its causative agent are presented to varying degrees in secondary schools, particularly in terms of taxonomic classification, simplified life cycle, symptoms, consequences and possible prevention. Not infrequently, toxoplasmosis is cited as a risk factor for pregnant women, but less is presented about its other effects on the quality of life of infected individuals. This bachelor thesis presents a survey of the most serious effects of *Toxoplasma gondii* on humans and proposes an appropriate way to include *Toxoplasma gondii* in primary and secondary school education.

Keywords	Toxoplasmosis, <i>Toxoplasma gondii</i> , protozoa, spores, infection, transmission, cysts, life cycle, developmental stages, host, intermediate host, symptoms, acute phase, latent phase, didactic chapter
Number of pages	46
Number of appendices	0
Language	Czech (English)

OBSAH

1. Seznam použitých zkratk	1
2. Seznam tabulek	1
3. Seznam obrázků	1
4. Úvod	3
5. Cíle bakalářské práce	4
6. Motivace výběru tématu bakalářské práce	4
7. Literární přehled	5
7.1 Morfologie a taxonomické zařazení	5
6.2 Vývojová stádia	6
6.3 Historie zkoumání	8
6.4 Současný stav výzkumu	9
6.5 Současný stav rozšíření a léčba	9
6.5.1 Vliv kontaktu s kočkou	12
6.5.2 Vliv konzumace syrových pokrmů	12
6.5.3 Vliv zaměstnání a kontaktu s půdou	12
6.5.4 Vliv věku, předchozích těhotenství a dalších onemocnění	13
6.5.5 Vliv povědomí o toxoplazmóze	13
6.5.6 Pozorování v České republice	14
6.5.7 Terapie	16
6.6 Životní cyklus	18
6.7 Strategie šíření <i>T. gondii</i> , možné způsoby nákazy člověka	19
6.8 Následky onemocnění toxoplazmózou	20
6.8.1 Vliv toxoplazmózy na vzhled	20
6.8.2 Vliv toxoplazmózy na paměť	22
6.8.3 Vliv toxoplazmózy na rozvoj duševních poruch	23
6.8.4 Vliv toxoplazmózy na chování a osobnost	25
6.8.5 Vliv toxoplazmózy na rozmnožování	27
7. Didaktické pojetí <i>Toxoplasma gondii</i>	31
7.1 Výuka o problematice toxoplazmózy na základních a středních školách	31
7.2 Pracovní list na téma toxoplazmóza na základních školách	32
7.3 Pracovní list na téma toxoplazmóza na středních školách a gymnáziích	36
8. Závěr	40
9. Seznam citované literatury	41

1. Seznam použitých zkratk

AIDS	Acquired Imunne Deficiency Syndrome → Syndrom získaného imunodeficitu
AITD.....	Autoimunitní onemocnění štítné žlázy
AMH	Anti-Müllerian Hormon
BMI	Body Mass index → Poměr tělesné hmotnosti ku tělesné výšce
CAR	Centrum asistované reprodukce
CNS	Centrální nervová soustava
IgG	Imunoglobulin (protilátka) typu G
IgM	Imunoglobulin (protilátka) typu M
IVF	In vitro fertilisation → Způsob mimotělního oplodnění
TPOAb	Thyroid peroxidase antibodies (protilátky proti thyreoidální peroxidáze)
TSH	Thyreoidální stimulující hormon
WHO	World health organisation → Světová zdravotnická organizace

2. Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Taxonomické zařazení *Toxoplasma gondii* (převzato z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Toxoplasma_gondii ; upravila A. Nováková, 2023)

3. Seznam obrázků

Obr. č. 1: Schematické znázornění *Toxoplasma gondii* ve stádiu tachyzoitu, detail apikálního komplexu (originální kresba autora, upraveno podle: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/MMBR.64.3.607-623.2000>)

Obr. č. 2: Tachyzoity pod mikroskopem (převzato z: <https://mykindofscience.com/2017/01/14/life-under-the-microscope-toxoplasma-gondii>)

Obr. č. 3: Bradyzoity v mezihostitelské tkáni tvořící tkáňové cysty (převzato z: https://ijpmonline.org/articles/2012/55/1/images/IndianJPatholMicrobiol_2012_55_1_134_94_901_f1.jpg)

Obr. č. 4: Oocysta obsahující sporozoity

(převzato z: <https://mykindofscience.com/2017/01/14/life-under-the-microscope-toxoplasma-gondii/>)

Obr. č. 5: Celosvětové porovnání nákazy u kočkovitých šelem (převzato z:

<https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-3954-1/figures/2>)

Obr. č. 6: Nákaza kokcidií kočičí v Evropě u žen v reprodukčním věku (převzato z:

<https://i.redd.it/2an4gm86b5731.png>)

Obr. č. 7: Schematické znázornění možných přenosů *Toxoplasma gondii* (originální kresba autora)

Obr. č. 8: Porovnání obličejových struktur muže a ženy toxoplasma-pozitivních (a) a toxoplasma-negativních (b) (převzato z:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8958965/>)

Obr. č. 9: Struktura kyseliny kyneurové (převzato z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Kynurenic_acid)

Obr. č. 10: Kongenitální toxoplazmóza u dětí (převzato z: http://www.qu.edu.iq/med/wp-content/uploads/2015/10/Toxoplasma_7-lecture-3rd.pdf)

Obr. č. 11: Hydrocefalus u kojence jako důsledek kongenitální toxoplazmózy

Převzato z: <https://www.priznaky-projevy.cz/pediatric/189-toxoplazmoza-u-plodu-novorozence-priznaky-projevy-symptomy>

4. Úvod

Přibližně 25–35% obyvatelstva České republiky se řadí mezi nakažené toxoplazmózou (ekvivalent – „*nemoc Janků*“), v rámci celosvětové populace se pak jedná o nejméně třetinu, přičemž v různých lokalitách mohou hodnoty nakažených kolísat od 10 až do 90 %. Tato skutečnost činí původce tohoto onemocnění, prvoka *Toxoplasma gondii*, jednoho z nejúspěšnějších parazitů na světě.

Jeho úspěšnost tkví ve strategiích a způsobu šíření, které prvok volí, a které vždy mají směřovat k tomu, aby se dostal do těla svého definitivního hostitele, tedy kočkovité šelmy. Pouze zde je potom *Toxoplasma* schopna se sexuálně rozmnožovat, přičemž dále opouští s výkaly tělo a dostává se do okolního prostředí ve formě velmi odolných oocyst.

Oocysty mohou být rozšířeny kdekoli v půdě, tedy se mohou například nacházet i na kulturních plodinách, odtud se následně mohou dostat do těla jakéhokoli živočicha. Ve chvíli, kdy je tento hypotetický živočich endotermní, nastane u něj akutní fáze nákazy (kdy se pomnoží stadium tachyzoitu, průměrná délka trvání je přibližně 3 týdny), která později, je-li živočich imunokompetentní, přechází do latentní fáze nákazy. V těle tohoto živočicha potom doživotně zůstávají tkáňové cysty prvoka, který se zde ale není schopen sexuálně rozmnožovat.

Prvok následně manipuluje a mění chování svého mezihostitele tak, aby se snáze stal obětí kočkovité šelmy a byl jí pozřen. V tomto případě jsou nejideálnějšími mezihostiteli hlodavci a ptáci, kteří jsou nejčastější potravou divokých koček a koček domácích na území České republiky.

Ve chvíli, kdy se mezihostitelem stane člověk, je šance parazita pro přemístění do svého definitivního hostitele mizivá. Vzhledem k tomu, že parazit není schopen rozlišovat druh svého mezihostitele, u svého lidského mezihostitele je po přejití do latentní fáze schopen působit zásadní změny, a to v psychických i fyzických oblastech. Těmi nejdiskutovanějšími jsou v současné době nástup některých neurodegenerativních onemocnění a duševních poruch, zhoršení paměti, ovlivňování plodnosti a kvality potomstva, pozměňování vzhledu, či změny v osobnostních rysech a v chování.

5. Cíle bakalářské práce

- Charakterizovat parazitického prvoka *Toxoplasma gondii*. Historie zkoumání, současná situace ve světě z hlediska výzkumu a rozšíření, terapie, morfologie a životní cyklus.
- Představit možné cesty nákazy, strategie šíření využívaných prvokem a důsledky pro nakažené lidské meziphostitele.
- Popularizace tématu a rozšíření povědomí o rizicích plynoucích z nákazy (nejen) mezi mladými lidmi v didaktickém pojetí. Navrhnout vhodnou formu prezentace problematiky ve výuce na základních a středních školách.

6. Motivace výběru tématu bakalářské práce

Motivací pro tvorbu této rešeršní bakalářské práce byly mé osobní zájmy dozvědět se o této problematice co nejvíce poznatků. O onemocnění jsem slýchala už v útlém věku od svých prarodičů jako o „kočičí nemoci“, později na gymnáziu v hodinách biologie, kdy byla probíranou látkou protozoologie. V té době se nikdo nezmiňoval o tom, co všechno je toxoplazmóza schopna způsobit, ani o jejím globálním působení. Prvotní impuls k vlastnímu zjišťování informací byla domněnka, že i já jsem nositelkou této infekce (na základě dlouhodobého kontaktu s kočkami a častého kontaktu s půdou), což bylo nakonec potvrzeno. Informace, které jsem díky vlastnímu pátrání získala, jsem se rozhodla zkompletovat v této bakalářské práci, která by měla sloužit jako ucelený přehled mnoha významných aspektů, které z nákazy pro člověka plynou.

Jako budoucí pedagogické pracovníci je v mém zájmu rozvíjení nejen sebe sama, ale také mladých lidí, kterým budu moci předávat dle mého názoru důležité informace, a šířit mezi nimi osvětu spolu s potvrzenými vědeckými fakty. Jelikož je *toxoplazmóza* tématem, u něž neustále vyplouvají na povrch nové skutečnosti a nová zjištění, a jedná se o záležitost celosvětovou a běžnou, považuji za vhodné, ba přímo důležité, aby mezi mladými lidmi o této problematice patřičně vzrostlo povědomí a aby nabyli relevantních informací.

7. Literární přehled

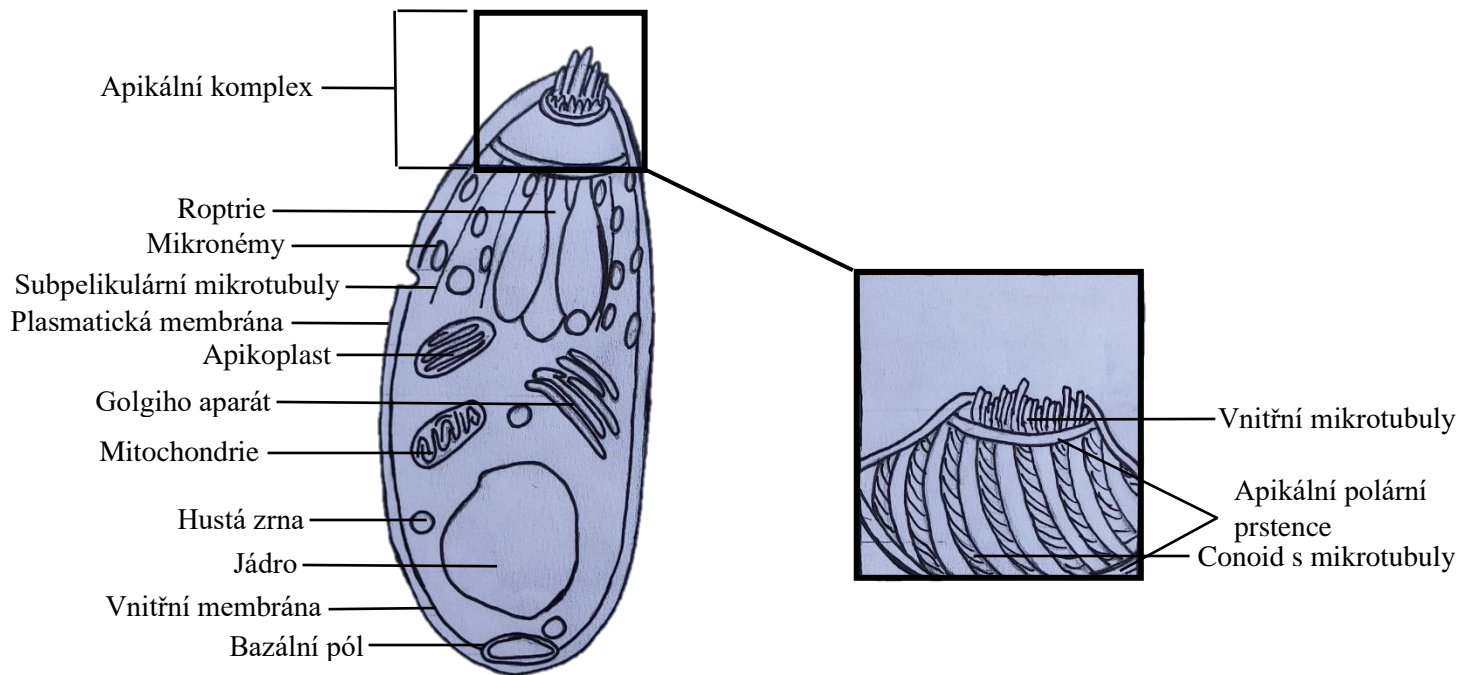
7.1 Morfologie a taxonomické zařazení

Toxoplasma gondii je prvok, jednobuněčný organismus spadající pod taxon *Chromalveolata*. Řadí se do kmene výtrusovců, podtřídy kokcií. Podrobnější taxonomické zařazení viz **Tab. č. 1**. (Lovašová, 2019).

Tabulka č. 1: Taxonomické zařazení Toxoplasma gondii
Převzato z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Toxoplasma_gondii

Doména	Eukaryota
Říše	Chromista
Podkmen	Výtrusovci (<i>Apikomplexa</i>)
Třída	<i>Conoidasida</i>
Podtřída	Kokcidie (<i>Coccidiasina</i>)
Řád	<i>Eucoccidiorida</i>
Podřád	<i>Eimeriorina</i>
Čeď	<i>Sarcocystidae</i>
Podčeď	<i>Toxoplasmatinae</i>
Rod	<i>Toxoplasma</i>

Buňka dosahuje velikosti v řádu několika jednotek mikrometrů, je kulovitého tvaru, pod mikroskopem je možné pozorovat drobné skvrny na povrchu. Tvar buňky se mírně mění v závislosti na stadiu a umístění v mezipříteli. Celkem jsou rozlišována tři stadia, jmenovitě bradyzoit, tachyzoit a sporozoit ve formě oocysty. Velmi důležitý je z morfologického hlediska tzv. apikální komplex, soubor organel klíčový pro úspěšnou intracelulární invazi, který je společným znakem všech zástupců tohoto kmene (viz **Obr. 1**). Pohyb buněk je charakterizován jako klouzání (Peřinová, 2013).



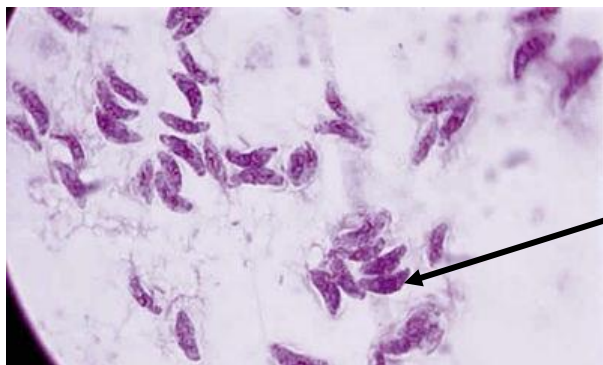
Obr. č. 1: Schematické znázornění *Toxoplasma gondii* ve stádiu tachyzoitu, detail apikálního komplexu
 Originální kresba autora, upraveno podle: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/MMBR.64.3.607-623.2000>

6. 2 Vývojová stádia

U *Toxoplasma gondii* rozlišujeme tři stadia v rámci životního cyklu.

Tachyzoity

Rychle se množící asexuální stadium, v organismu se vyskytuje v raném stadiu nákazy, tedy během akutní fáze. Buňka je podlouhlého, půlměsícovitého tvaru (viz **Obr. č. 2**), pohybuje se klouzavým pohybem. Vysoká rychlost jejich množení umožňuje efektivní zaplavení organismu, což u imunokompetentního jedince vyvolá jistou imunitní odezvu. Tachyzoity se postupně usazují v tkáních mezipřehostitele, kde se přeměňují na klidovou formu – bradyzoity (Peřinová, 2013).

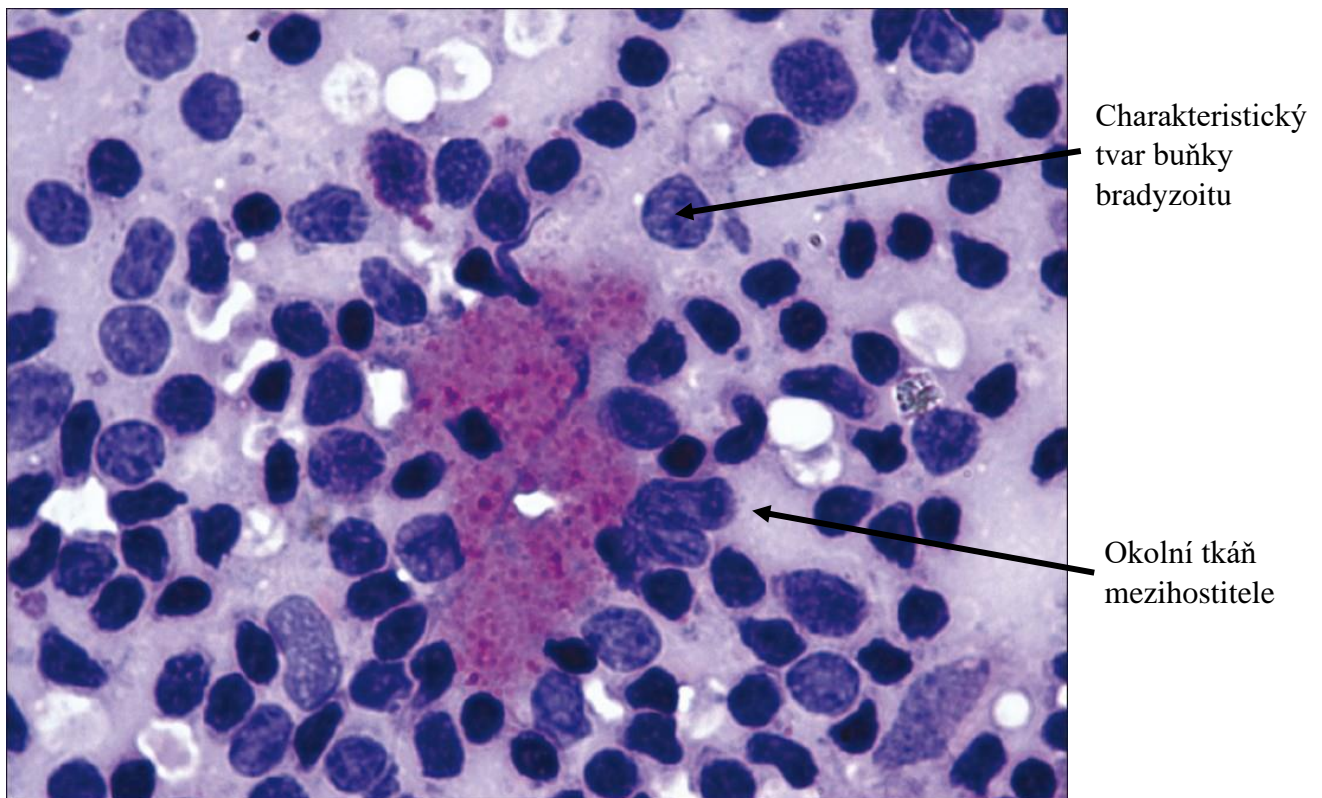


Půlměsícovitý tvar
 buňky tachyzoitu

Obr. č. 2: Tachyzoity pod mikroskopem, zvětšení 100x
 Převzato z: <https://mykindofscience.com/2017/01/14/life-under-the-microscope-toxoplasma-gondii>

Bradyzoity

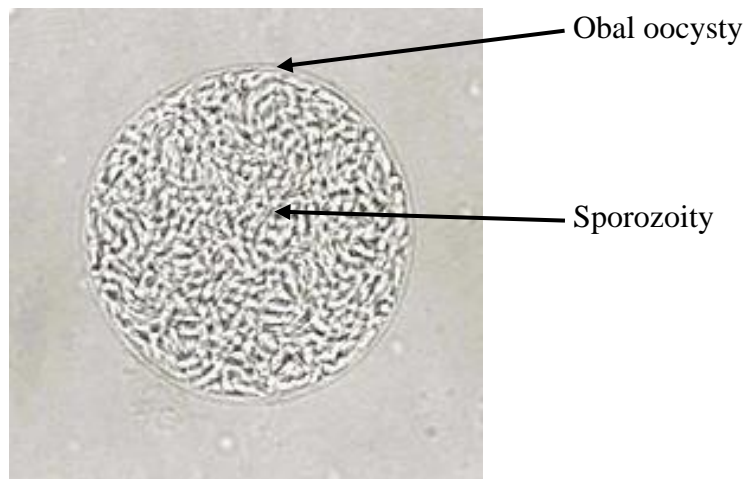
Jsou vnitrobuněčnou klidovou formou, charakteristické pro již latentní fázi onemocnění. Vytváří tkáňové cysty (viz **Obr. č. 3**), nejčastěji v mozkové tkáni, výjimkou však nejsou játra, kosterní svalstvo či myokard. V meziphostiteli zůstávají životaschopné doživotně, při závažném narušení imunity může onemocnění propuknout v akutní, život ohrožující formu. Přítomné v tkáních zůstávají i po úmrtí, spolehlivě se zničí působením vysokých nebo naopak velmi nízkých teplot (Peřinová, 2013).



*Obr. č. 3: Bradyzoity v meziphostitelské tkáni tvořící tkáňové cysty, zvětšení 1000x
Převzato z: https://www.ijpmonline.org/viewimage.asp?img=IndianJPatholMicrobiol_2012_55_1_134_94901_f3.jpg*

Sporozoity

Vysoce infekční stadium, které produkují definitivní hostitelé – kočky. Požitím tachyzoitu či bradyzoitu kočkou pak v lumenu jejího střeva dochází k sexuálnímu rozmnožování a oocysty (viz **Obr. č. 4**) obsahující vysoké množství sporozoitů opouští tělo spolu s trusem. Infekčnosti nabyde až po přibližně 48 hodinách, neboť dozrává na vzduchu (Peřinová, 2013).



Obr. č. 4: Oocysta obsahující sporozoity, zvětšení 100x

Převzato z: <https://mykindofscience.com/2017/01/14/life-under-the-microscope-toxoplasma-gondii/>

6. 3 Historie zkoumání

Z historického hlediska byla *Toxoplasma* objevena před více než 100 lety, kdy ji v roce 1908 v Tunisku pozorovala dvojice francouzských lékařů a parazitologů, Charles Nicolle a Louis Herbert Manceaux. Své jméno nese po hlodavci *Ctenodactylus gundi*, u nějž byl parazit pozorován a popsán (Lovašová, 2019).

Paralelně byla ve stejném roce izolována italským lékařem Alfonsem Splendorem v tkáních králíka. O 15 let později český oftalmolog Josef Janků (odtud pojmenování „nemoc Janků“ či „morbus Janků“) našel tkáňové cysty v oku přibližně ročního chlapce, který trpěl hydrocefalem a dalšími přídatnými onemocněními, čímž byla poprvé identifikována u člověka (Peřinová, 2013).

Roku 1938 byla *Toxoplasma* nalezena u dalšího lidského meziphostitele, a to u několikadenní dívky, která krátce po narození začala trpět křečovými záchvaty. Po měsíci na komplikace zemřela, přičemž při pitvě byly v jejích očích, mozku a míše nalezeny jak již tkáňové cysty, tak volné parazitární buňky. Je patrné, že dívku onemocnění postihlo přenosem z matky (Dubey, 2009). V roce 1950 již bylo známo, že *T. gondii* je příčinou závažných onemocnění u dětí v důsledku kongenitálního přenosu. S vývojem sérologického testu pak bylo zjištěno, že je nákaza rozšířena u lidí a domácích zvířat po celém světě (Ferguson, 2009).

Její životní cyklus však začal být blíže zkoumán teprve v 60. letech minulého století, kdy bylo prokázáno, že kočkovité šelmy jsou definitivním hostitelem. V roce 1970 bylo poprvé popsáno stadium oocysty a životní cyklus tak byl ucelen (Peřinová, 2013).

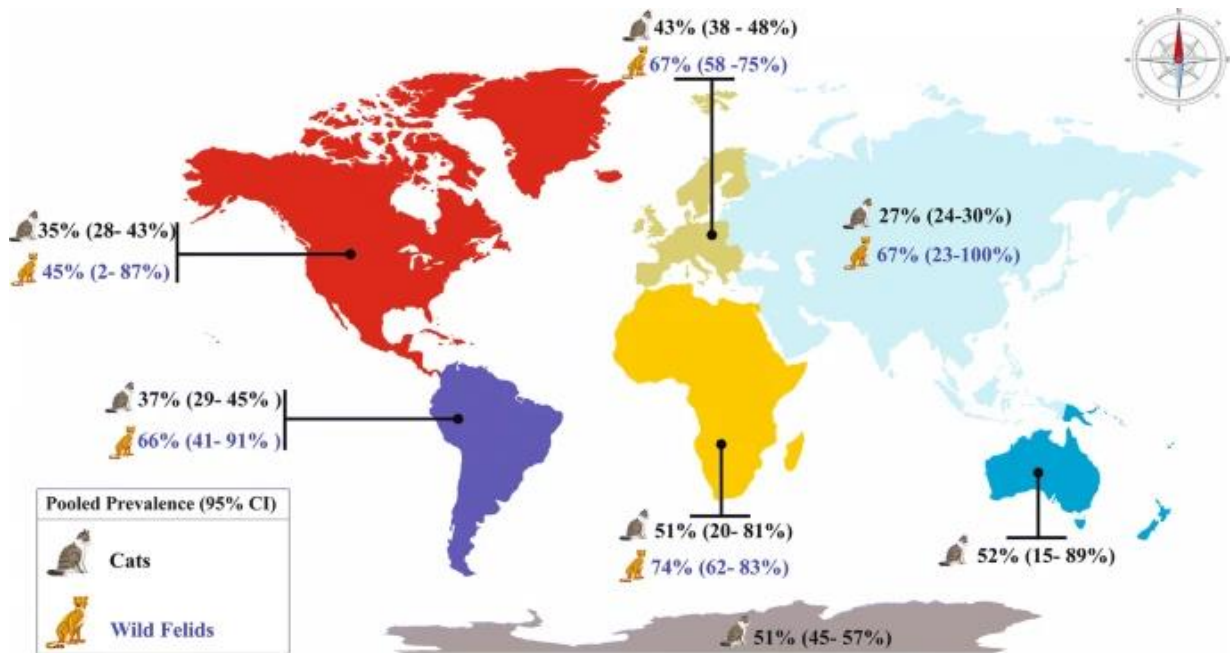
V devadesátých letech se tématu toxoplazmózy blíže začal věnovat český biolog a popularizátor vědy prof. RNDr. Jaroslav Flegr, CSc. Je mimo jiné autorem teorie zamrzlé plasticity (později zamrzlé evoluce), zkoumá zejména manipulační hypotézu v rámci *T. gondii*, také se se svým týmem aktivně zabývá výše zmíněnými změnami, které jsou u člověka následkem onemocnění v latentní fázi vyvolávány. Velmi významně byl výzkum podpořen veřejností, kdy se občané České republiky dobrovolně účastnili Flegrova internetového projektu *Pokusní králíci*. Jedná se o dosud aktivní platformu obsahující zejména dotazníky, které vyplňují dobrovolníci z řad občanů. Získaná data pak slouží k výzkumným účelům.

6. 4 Současný stav výzkumu

Momentálně je toxoplazmóza na globální úrovni masivně rozšířena, nicméně důsledky, které z onemocnění plynou, stále ještě nejsou zcela determinovány, navíc jsou neustále zaznamenávány nové. V posledních 20–30 letech se problematice věnovalo a věnuje nespočet vědeckých pracovníků, biologů, parazitologů a imunologů, kteří přinášejí nové poznatky z různých oblastí, do nichž problematika zasahuje. Nejvýznamnější v České republice (ale svými příspěvky také velmi významný ve světě) je výše zmíněný profesor Jaroslav Flegr se svým týmem, celou svou práci a výzkum ohledně toxoplazmózy popisuje ve své knize *Pozor, toxo!* (2011). Ve světě jsou to potom např. Angelico Mendy (2015), či doktor Patrick D. Gajewski (2014), zabývající se vlivem latentní toxoplazmózy na paměťové funkce, profesor pediatrie Robert H. Yolken a psychiatr Edwin F. Torrey (2009), jež dlouhodobě zkoumají propojení latentního onemocnění s možným vznikem neurodegenerativních chorob, dále také profesorka parazitologie Joanne P. Webster (2006, 2010), která se zabývá manipulací meziphostitele ze strany parazita a následnou změnou meziphostitelova chování. Vzniklé změny vzhledu studuje se svým týmem Javier I Borráz-León (2022). Studium životního cyklu se velmi věnoval veterinární lékař Jitender P. Dubey (1998, 2009), jednotlivým vývojovým stádiím potom emeritní profesor D. J. P. Ferguson (2009).

6. 5 Současný stav rozšíření a léčba

V současné době je kokcidie kočičí celosvětově nejúspěšnějším parazitem, ačkoli člověk sám o sobě není hlavním objektem jejího zájmu. Na obrázku (**Obr. č. 5**) je možné pozorovat její úspěšnost, tedy prokázanou nákazu u kočkovitých šelem v rámci celého světa sledovanou v období mezi lety 1967–2017 (Montazeri et. al., 2020).



Obr. č. 5: Celosvětové porovnání nákazy u kočkovitých šelem

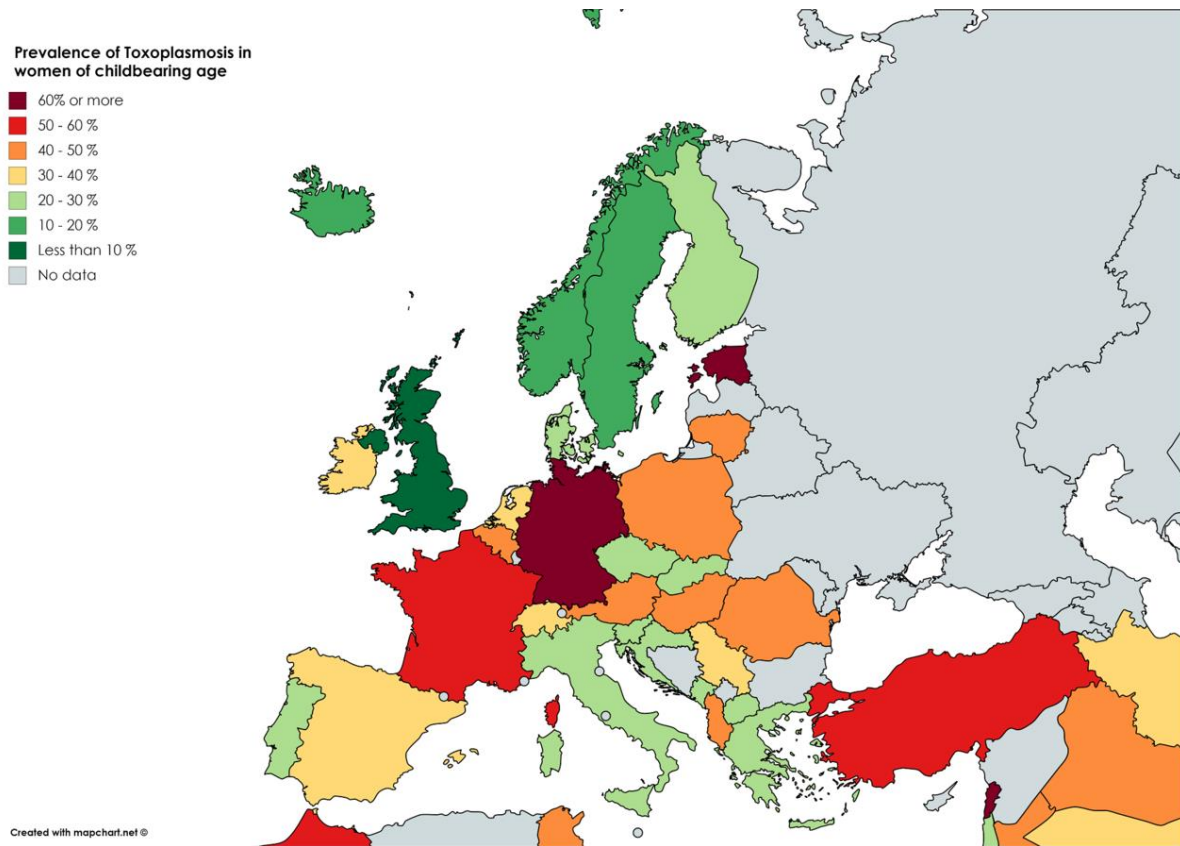
Převzato z: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-3954-1/figures/2>

Je patrné, že nejvíce zasažena je Afrika spolu s Austrálií, hned za nimi následuje Evropa, v rámci divokých kočkovitých šelem, dále Asie. Naopak výskyt u domestikovaných kočkovitých šelem je v Asii ze všech pozorovaných kontinentů nejnižší, u ostatních je pořadí zachované. Tato skutečnost byla s téměř shodnými hodnotami opětovně potvrzena v květnu roku 2021 (Hatam-Nahavandi et. al, 2021).

Od tohoto trendu se pak odvíjí promořenost u lidských mezihostitelů. Např. v Evropě byl pozorován výskyt nákazy toxoplazmózou u žen v reprodukčním věku, kdy nejhůře zasažené jsou Německo spolu s Francií a Tureckem, naopak Česká republika patří mezi méně postižené oblasti (viz **Obr. č. 6**). Tato skutečnost je často důsledkem charakteristického životního stylu v daných zemích, kdy se např. ve Francii velmi často jako pokrm užívá nedostatečně tepelně ošetřené maso atp. (Flegr et al, 2019).

Např. v Rakousku byl od 70. let minulého století pozorován výrazný pokles séroprevalence u obyvatelstva, a to z přibližně 50 na 35 % v současnosti. Důvodem byl pokles promořenosti mezi hospodářskými zvířaty, zejména prasaty, kdy obecné zlepšení hygienických a chovných podmínek vedlo ke snížení míry kontaktu prasat a koček. Naopak u prasat divokých k žádným změnám v rámci stejného časového úseku v séroprevalenci nedošlo (promořenost se pohybovala kolem 19 %). Nejhůře zasažené jsou ovce a kozy (séroprevalence nabývá hodnoty téměř 70 %), což je pravděpodobně důsledkem chovu na malých farmách s vysokým výskytem

koček. U koček samotných jakožto definitivních hostitelů také došlo k poklesu výskytu infekce, což by mohlo být způsobeno tím, že kočky začaly více konzumovat zpracovávané krmivo (Edelhofer a Prossinger, 2010).



Obr. č. 6: Nákaza kokcií kočičí v Evropě u žen v reprodukčním věku
Převzato z: <https://i.redd.it/2an4gm86b5731.png>

Obecně je pozorován trend, že nákazou trpí spíše ženy než muži, nicméně muži se většinou nakazí dříve než ženy (Flegr, 2011). Vyšší míra zisku infekce byla pozorována u dětí oproti dospělým jedincům, kde může být hlavní příčinou častější pobyt v zamořených lokalitách (neošetřovaná pískoviště aj.) a také skutečnost, že koncentrace proteolytických enzymů v žaludku dětí je nižší než u dospělých, z čehož vyplývá větší schopnost přežití tachyzoitů v tomto prostředí a tím pádem i jejich větší úspěšnost v organismu (Pereira et al, 2010).

V rámci séroprevalence u těhotných žen napříč světovými zeměmi bylo provedeno několik studií a pozorování, přičemž se důraz kladl na jednotlivé rizikové faktory, mezi něž patřil například kontakt s kočkami, konzumace různě tepelně upravených pokrmů, zaměstnání, místo bydliště aj. U účastnic se v několika studiích zohledňoval také jejich věk, počet dětí a počet případných prodělaných potratů.

6. 5. 1 Vliv kontaktu s kočkou

V několika studiích (jmenovitě v Mexiku (*Seroepidemiology of Toxoplasma gondii infection in pregnant women in a public hospital in northern Mexico*), Jordánsku (*Seroprevalence and risk factors for Toxoplasma infection in pregnant women in Jordan*), Číně (*Toxoplasma gondii infection in pregnant women in China*), Itálii (*Risk factors for recent toxoplasma infection in pregnant women in Naples*), Ghaně (*Toxoplasma gondii among pregnant women attending antenatal care in a district hospital in Ghana*), Jemenu (*Prevalence and predictors of Toxoplasma gondii infection in pregnant women from Dhamar, Yemen*)) byly vyšetřované ženy dotazovány na to, zda v domácnosti žijí s kočkou, či jestli s kočkami alespoň pravidelně přichází do kontaktu. U mnoha toxoplasma-pozitivních účastnic byla tato skutečnost jimi samotnými potvrzena. V Ghaně vlastnilo kočku až 69 % vyšetřovaných účastnic, korelace se séroprevalencí však nebyla signifikantní. Ani v žádné další z těchto studií až na studii jemenskou, kde se tento faktor potvrdil jako významný (Al-Adhroey et al, 2019), se neprokázala vysoká relevance v souvislosti s onemocněním.

6. 5. 2 Vliv konzumace syrových pokrmů

Velmi vysoká incidence byla zaznamenána téměř ve všech studiích, které jako rizikový faktor zkoumaly konzumaci nedostatečně tepelně zpracovaných pokrmů. Například v Jordánsku byla séroprevalence u žen pravidelně konzumujících syrové maso o 75 % vyšší (Jumaian, 2005), také v Číně nabývala séroprevalence vyšších hodnot u žen, které konzumovaly tepelně neupravené mořské plody (Liu et al, 2009). Signifikantní korelace byla zaznamenána také v Neapoli (Buffolano et al, 2009), vysoké hodnoty byly pozorovány také v Jemenu (Al-Adhroey et al, 2019), přičemž riziko infekce zvyšovala i pouhá samotná manipulace se syrovým masem.

6. 5. 3 Vliv zaměstnání a kontaktu s půdou

V Jordánsku, Mexiku a Ghaně byla pozornost věnována také kontaktu s půdou, hlinou, přičemž se tento faktor ukázal jako vysoce rizikový. Ženy přicházející do styku s půdou, ať u v rámci zaměstnání či životních podmínek, měly hodnoty séroprevalence výrazně vyšší oproti ženám, u kterých kontakt s půdou nebyl častý. V Mexiku byla zaznamenána korelace mezi vysokou incidencí a bydlením s hliněnou podlahou (Alvarado-Esquivel et al, 2006). U žen pracujících s hlinou v Jordánsku byla incidence o 70 % vyšší (Jumaian, 2005). Více než polovina testovaného souboru žen v Ghaně byla toxoplasma-pozitivní, nejvíce se infekce

vyskytovala u žen pracujících v sektoru obchodu a zemědělství (Addo et al, 2023). Obecně ženy žijící ve venkovských oblastech byly toxoplasma-positivní s vyšší frekvencí než ženy žijící ve městech (Alvarado-Esquivel et al, 2006).

6. 5. 4 Vliv věku, předchozích těhotenství a dalších onemocnění

Zejména v afrických zemích a zemích blízkého východu figuroval ve studiích jako důležitý faktor také věk testovaných účastnic (v některých zemích je běžné provádění před dosažením plnoletosti). Zvláště v Angole byla také za vysoce rizikové faktory označena další závažná onemocnění, konkrétně AIDS a hepatitida typu B, které se v souboru účastnic vyskytovala s poměrně vysokou frekvencí. U těchto žen byla pravděpodobnost zisku onemocnění mnohem vyšší, stejně tak jako pravděpodobnost závažného průběhu akutní toxoplazmózy (Vueba et. al, 2020).

Například v Íránu byla dále sledována korelace mezi předchozími prodělanými potraty, porody mrtvých plodů a séroprevalencí. Ačkoli z testovaného souboru žen velké procento z nich v minulosti prodělalo aborti či porod mrtvého plodu, a u mnoha z nich byla prokázána infekce, korelace se neprokázala jako signifikantní (Hariri et al, 2023).

V Jemenu byla zjištěna skutečnost, že u žen starších 25 let dosahovala séroprevalence vyšších hodnot než u žen mladších, také u žen s vyšším počtem potomků byla frekvence výskytu vyšší než u žen s méně potomky (Al-Adhroey et al, 2019).

6. 5. 5 Vliv povědomí o toxoplazmóze

Jako velmi významný se ukázal faktor vzdělání žen a jejich obeznámení s možným rizikem zisku onemocnění. V Jordánsku měly informované ženy oproti ženám neinformovaným o více než 37% nižší hodnoty séroprevalence (Jumaian, 2005). Také v Ghaně se míra promořenosti mezi testovanými těhotnými ženami se vzrůstající úrovní vzdělání snižovala (Addo et al, 2023). Výrazného snížení séroprevalence bylo dosaženo ve Francii, což byla dlouhodobě země s obecně velmi vysokou prevalencí (v 60. letech 20. století se prevalence pohybovala kolem 80 %). Díky vzniku programu prevence kongenitální toxoplazmózy v 70. letech vzrostlo mezi obyvatelstvem povědomí o existenci onemocnění, zavedly se povinné screeniny během těhotenství, poradenství v oblasti prevence aj. Díky tomuto zásahu poklesla séroprevalence na přibližně 37 % (Robinson et al, 2021).

6. 5. 6 Pozorování v České republice

V letech 1996-2004 byly vyšetřovány pacientky dvou soukromých Pražských klinik (jednalo se o centra reprodukční medicíny) na přítomnost protilátek v krvi (záměrem studie bylo pozorovat délky těhotenství infikovaných žen). Ze souboru 1053 žen byla u 208 z nich potvrzena přítomnost protilátek, prevalence tedy dosahovala téměř 20 %. Průměrný věk žen byl 30 let, s rozpětím od 19 do 44 let (Kaňková a Flegr, 2007).

Ve studii zaměřené na pozorování vlivu toxoplazmózy na pokles tělesné váhy u těhotných žen bylo v Praze v letech 2003-2004 testováno na přítomnost imunoglobulinů 758 účastnic. Z tohoto souboru bylo pozitivně otestovaných 203 žen (prevalence téměř 27 %). U 174 toxoplasma-pozitivních těhotných žen byla zjištěna signifikantní souvislost se sníženou tělesnou váhou. V porovnání s Toxoplasma-negativními těhotnými ženami sledovanými v 16. týdnu gravidity měly Toxoplasma-positivní těhotné účastnice nižší tělesnou hmotnost. Nejpravděpodobnější příčinou je skutečnost, že onemocnění v latentní fázi způsobuje zpomalování prenatálního vývoje zárodku (Flegr et al, 2005).

Ve všeobecné fakultní nemocnici v Praze bylo v roce 2008 a 2009 vyšetřeno 1250 těhotných žen na autoimunitní onemocnění štítné žlázy (AITD). Jednalo se o studii, která zkoumala vliv toxoplazmózy na závažnější průběh této choroby. Konkrétně byly sledovány výše hladin daných hormonů štítné žlázy, hodnoty TSH (tyreoidální stimulující hormon) a TPOAb (protilátky proti tyreoperoxidáze). U 22,5 % pacientek se potvrdila přítomnost toxoplazmózy, u 14,7 % žen byla potvrzena AITD. U účastnic s latentní toxoplazmózou byly s mnohem vyšší frekvencí pozorovány vysoce zvýšené hodnoty TPOAb než u Toxoplasma-negativních účastnic. Zároveň onemocnění v latentní fázi souviselo s poklesem hladin TSH. Toxoplazmóza v latentní fázi je asociována s ovlivňováním produkce tyreoidálních hormonů během gravidity. Souvislost toxoplazmózy se změnami parametrů AITD nebyla příliš signifikantní (Kaňková et al, 2014).

Systematická pozorování na Plzeňsku v poslední dekádě pak potvrdila, že se hodnoty séroprevalencí u těhotných žen lehce zvyšují. V rozpětí let 2011 a 2021 byly ve FN Plzeň prováděny sérologické testy u těhotných žen pro detekci protilátek proti *T. gondii*. V roce 2011 bylo na protilátky vyšetřeno 195 těhotných žen, 51 % z nich bylo toxoplasma-pozitivních. O deset let později bylo vyšetřováno 161 těhotných žen, přičemž pozitivní test se prokázal u 63 % z nich. Počet provedených testů se snižoval, ačkoli míra séroprevalence vzrůstala. V současné době je séroprevalence stále poměrně vysoká, snižuje se však počet případů akutní toxoplazmózy získané během těhotenství (Kepková, 2022).

Mezi domácími i divokými zvířaty byla také provedena řada sérologických testování. V letech 2003-2004 bylo na přítomnost infekce testováno 538 kusů vodního ptactva (hus a kachen) a 570 kusů hospodářského ptactva (krůty a kuřaty) přičemž vzorky krve byly odebírány z masokombinátů z celé České republiky. Ze 178 hus bylo 77 jedinců pozitivních, z 360 kachen pak prevalence činila 14 %. Naproti tomu pouze jedno kuře vykazovalo pozitivitu z počtu 293, zbytek souboru včetně 217 slepic a 60 krůt byl negativní. Rozdíl séroprevalence mezi chovaným a divokým ptactvem byl tedy velmi významný (Bártová et al, 2009).

Od prosince 2006 do ledna 2007 byly shromažďovány krevní vzorky od 547 ovcí. U 59 % z nich se prokázala přítomnost protilátek. Ve všech sledovaných chovech se vyskytly pozitivní jedinci, s četností od 11 až do 96 % (Bártová et al, 2009). V letech 2006-2009 byly na přítomnost protilátek v krvi testovány vybrané chovy koz. Z 251 jedinců se nákaza prokázala u 66 %, tedy u 166 koz (Bártová a Sedlák, 2012).

Vysoké hodnoty séroprevalence se ukázaly v chovech prasat, kdy bylo signifikantním faktorem prostředí, v němž byla prasata chována. V chovech halových, kde mají zvířata minimální interakci s venkovním prostředím (a příležitosti získání nákazy jsou tak méně četné), byla infekce rozšířena nejméně (3,3 %). Naproti tomu u prasat chovaných venku a v domácích chlévech se nákaza pohybovala u téměř 28 %. Séroprevalence u zvířat z ekologických chovů byla také vysoká (téměř 19 %). Nejvýznamnější příčinou tohoto trendu je vysoký počet přítomných koček na těchto farmách, kde jsou využívány zejména jako přirození predátoři hlodavců, namísto chemických jedů – rodenticidů (Slaný et al, 2016).

V rámci prasat divokých potom proběhlo pozorování v letech 2008–2010, vzorky byly odebrány od 656 jedinců z celkem devíti okresů. Séroprevalence dosáhla hodnoty 43 % (tj. 260 kusů) se signifikantním rozdílem mezi selaty a dospělými jedinci (26 % mezi selaty, 50 % mezi dospělými). Prevalence se také významně lišila mezi jednotlivými okresy, s výrazným nárůstem byl nejzamořenější Havlíčkův Brod (59 %), u ostatních osmi okresů se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 32–47 % (Račka et al, 2015).

Během uplynulých 20 let byla pozorována také zvířata chovaná v zoologických zahradách v České republice. Z 1043 zvířat bylo 33 % séropozitivních, v rámci ptáků 27 % vyšetřovaných jedinců, v rámci savců potom 33 % (Bártová et al, 2018).

Na přítomnost infekčních oocyst *T. gondii* byly v České republice testovány také pěstované plodiny, zejména zelenina. Z celkem 292 kusů zeleniny se u 9,6 % potvrdila infekčnost. Vzorky byly odebrány z devíti farem, přičemž kontaminované plodiny se vyskytly

na pěti z nich. Nejvyšší míru kontaminace vykazovaly okurky (téměř 12 %), dále pak následovala mrkev a salát (7,5 a 8,9 %). Ve srovnání se zeleninou z Polských farem, kde pozitivita dosahovala až k hodnotě 19,5 %, byla míra infekčnosti poměrně nízká (Slaný et al, 2019).

Z hlediska míry promořenosti mezi samotnými definitivními hostiteli, v letech 2002–2006 byla odebrána na testování séra od 286 koček (jak domácích mazlíčků, tak zdivočelých, toulavých). U téměř 47 % se potvrdila přítomnost příslušných protilátek, přičemž u 2,8 % to byly IgM, u 44,1 % to byly IgG. Ve srovnání s ostatními evropskými zeměmi byla séroprevalence na podobné úrovni. Stejně tak jsou vysoké hodnoty prevalence pozorovány u psů, (ze 413 jedinců bylo 117 pozitivních, přítomnost byla potvrzena u IgM i u IgG), přičemž nejvíce je nákaza rozšířená mezi psy jako domácími mazlíčky a policejními psy. Naproti tomu u laboratorních psů výskyt nebyl pozorován (Sedlák a Bártová, 2006).

6. 5. 7 Terapie

Pro většinu nakažených se toxoplazmóza po několika týdnech stane asymptomatickým, latentním onemocněním, které je přímo neohrožuje na životě. Velmi vzácné je rozvinutí těžké symptomatické formy, ke které dochází výlučně u osob s imunodeficitem (který mohou vyvolat závažná onemocnění jako je AIDS, rakovinná onemocnění), u osob imunokompromitovaných (kdy jsou přirozené obranné mechanismy poškozené) či u jedinců s vrozenou nákazou.

Doba expozice se u nakažených jedinců stanovuje z krve, konkrétně se sleduje přítomnost protilátek. Nízké a střední hladiny protilátek značí, že prvotní kontakt s toxoplazmózou proběhl již dříve (více než před rokem), vysoké hladiny protilátek pak poukazují na čerstvou, akutní nákazu (Flegr, 2016).

Různé typy imunoglobulinů (IgM, IgG) poukazují na různé délky expozic. Imunoglobuliny M slouží v organismu jako primární imunitní odezva, což znamená, že v případě jejich nálezu v krvi v rámci vyšetření na toxoplazmózu poukazují na velmi recentní zisk infekce. Imunoglobuliny G jsou potom přímo působící protilátky na konkrétní patogen, který organismus napadne opakovaně a tělo proti němu získá specifickou imunitu. V případě toxoplazmózy se tento typ protilátek vytváří po encystaci bradyzoitů a jeho hladina pak klesá v souladu s narůstající dobou expozice (Schroeder a Cavacini, 2010).

Zvláště nebezpečný je kontakt s toxoplazmózou u ženy poprvé v průběhu těhotenství. Když tělo v akutní fázi zaplavují tachyzoity, vyhledávají přednostně rychle se množící buňky,

ideálním prostředím pro ně jsou potom právě rychle se dělící buňky vznikajícího zárodku (zejména v období prvního trimestru). Riziko přenosu infekce na dítě není nijak vysoké (přibližně 15 %), ale pokud se infekce skutečně přenesla a není včas zjištěna a léčena, velmi častým vyústěním je potrat, případně u plodu vzniknou těžké vývojové vady, jimž může nedlouho po narození podlehnout (Flegr, 2011). Většina narozených dětí s kongenitální toxoplazmózou, jejichž matky během těhotenství onemocněly a byly léčeny, má dobrou prognózu. V období předškolního věku (tedy ve věku 3–4 let) dosahují tyto děti přibližně stejných duševních i fyzických pokroků, jako jejich nenakažení vrstevníci (Ahmed et al, 2020).

Při nákaze člověka, v období prvních tří týdnů od proniknutí parazita do těla, může řídce docházet k výskytu symptomů, k nimž patří malátnost a únava, zvýšená teplota, bolest hlavy, svalů, kloubů. Tyto projevy mohou být velmi často chybně interpretovány jako jiné onemocnění, nebo jako obvyklé zdravotní obtíže (chřipka, rýma...). Prognóza onemocnění bývá velmi dobrá, po několika týdnech symptomy ustoupí a nastane fáze latentní. Nicméně může nastat i komplikovaný průběh, u kterého dle stupně vážnosti dochází k poškození vnitřních orgánů jako jsou srdce, plíce či játra, dále CNS a výjimkou nejsou ani kožní projevy.

Specifická léčba u osob s asymptomatickým průběhem není vyžadována. U těhotných žen a imunodeficitních osob se podává pyrimetamin (antiprotozoikum, antimalarikum) a sulfadiazin (antibiotikum) v přiměřené dávce přibližně po dobu šesti týdnů za průběžné kontroly krevního obrazu. Jedná se o látky, které se řadí mezi inhibitory kyseliny listové, proto je nutné při jejich užívání pravidelně kontrolovat krevní obraz a aplikovat kyselinu foliovou (Gelenecky, 2008). Terapie nezajistí úplné zbavení se nákazy; likviduje pouze tachyzoity a do určité míry zajistí redukci poškození.

V případě imunokompromitovaných pacientů (kam spadají např. diabetici) ale i imunokompetentních osob, se může akutní forma toxoplazmózy rozvinout. V takovém případě je v rámci léčby téměř vždy nasazeno antimalarikum pyrimethamin v kombinaci s kyselinou listovou a dalšími účinnými látkami, kterými mohou být sulfadiazin (standardní, nejvíce využívaný), klindamycin (antibiotikum), azitromycin (neužívá se v graviditě), atovaquon (antimalarikum, neužívá se v graviditě, při léčbě oční toxoplazmózy), dapsone (při léčbě mozkové toxoplazmózy) aj. Výběr vhodného léku vždy závisí na zdravotních aspektech pacienta (Prášil, 2009), (Gelenecky et al, 2017).

V opětovnou symptomatickou formu se může rozvinout u osob, u kterých s již latentní toxoplazmózou dojde k poklesu obranyschopnosti organismu. V takovém případě se

z tkáňových cyst opět uvolňují rychle se množící asexuální stadia, která obvykle (zejména u pacientů s AIDS) napadají mozkovou tkáň a způsobují její nekrózu. Léčba musí být u těchto jedinců zahájena co nejdříve, neléčené onemocnění končí ve všech případech fatálně (Machala et al, 2005).

V rámci prevence onemocnění u těhotných žen není test na toxoplazmózu povinnou součástí screeningu, je však velmi doporučován a mnohými gynekology prováděn na začátku těhotenství. Testování se provádí odběrem krve a následným zjišťováním přítomnosti specifických protilátek. Při negativním výsledku na začátku těhotenství se pak žena opakovaně testuje každý následující trimestr. V případě podezření či potvrzení akutní infekce je nasazena příslušná medikace, po 16. týdnu těhotenství se provede odběr plodové vody (Drábková, 2022).

Vyšetření, zda toxoplazmózou trpí, si mohou lidé nechat provést na vyžádání u svého obvodního lékaře. Zpracování a získání výsledku obvykle trvá několik týdnů.

6. 6 Životní cyklus

Toxoplasma gondii pro svůj vývojový cyklus může a nemusí využívat mezipostitele. V případě, kdy jsou vyloučeny oocysty, které se následně ihned dostanou do jiného definitivního hostitele, jedná se o monoxenní vývojový cyklus.

U cyklu dixenního je potom mezipostitel vždy přítomen, přičemž se v jeho těle vytváří dále tachyzoity a bradyzoity v případě latentní fáze, mezipostitel funguje jako rezervoár.

Definitivní hostitelé se mohou nakazit vícekrát za život, avšak vylučování infekčních oocyst probíhá pouze jednou v rámci primární infekce. Další vylučování oocyst je potom zcela výjimečné (Evinic, 2017). Největší výskyt je pozorován u mláďat (tedy koťat) ve věku od 3 do 6 měsíců. V rámci nákazy potom po dobu několika dní až týdnů vylučují oocysty. Na možnou nákazu u kočky může upozornit přítomnost řídké stolice (Hejduk, 2013).

Vývojový cyklus začíná oocystou obsahující sporozoity, která je vyloučena z těla kočky spolu s trusem. Oocysta dozrává na vzduchu v řádu desítek hodin, (přibližně 48), poté se stává infekční pro své okolí, přičemž infekční může být až po dobu 1 roku. Volně v půdě či ve vodě způsobí jejich kontaminaci, často se nakazí býložravci a všežravci pozřením infikované zeleně či kontaminovanou vodou.

Oocysta se dostává do mezipostitele (např. do myši), kde je její obal narušen žaludečními šťávami a uvolní se tak velké množství rychle se množících tachyzoitů. Tachyzoity

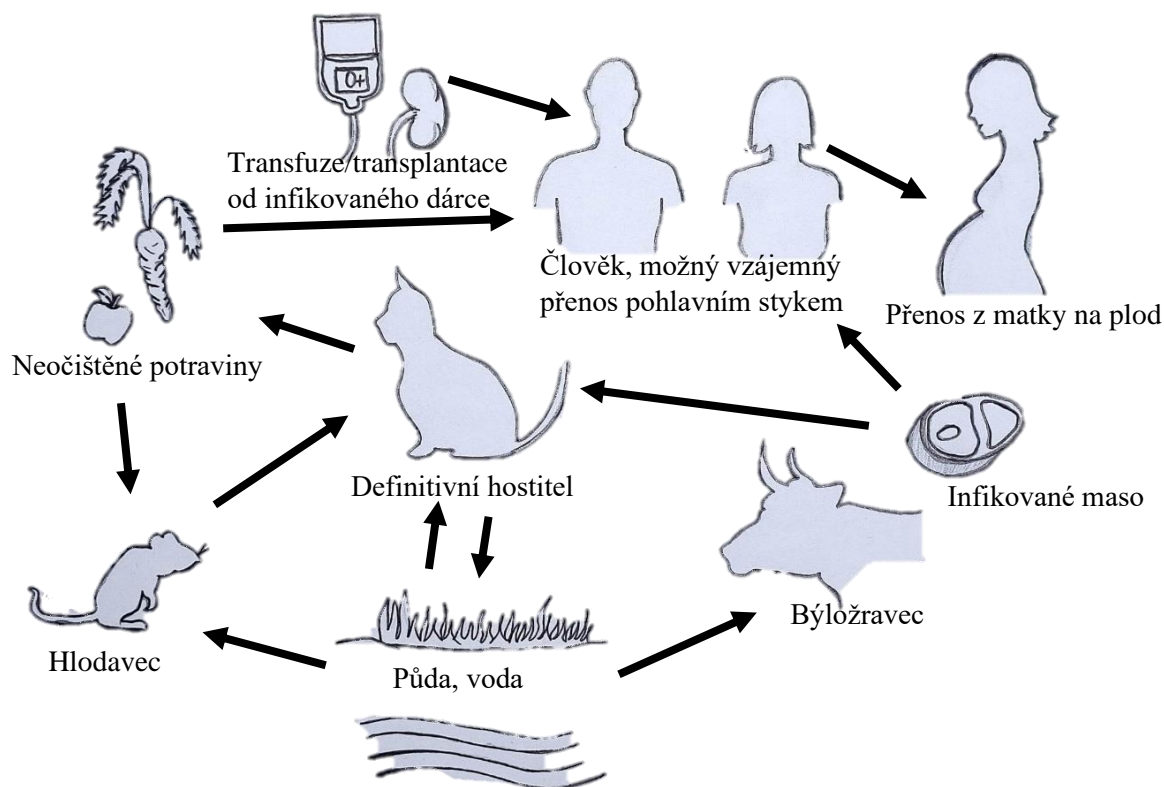
napadají okolní zdravé buňky, v nichž se nepohlavně rozmnožují a ze kterých se dále potom uvolňují další tachyzoity, dochází k zaplavení organismu. Tento proces u jedinců potom vyvolá imunitní reakci, která způsobí usazování tachyzoitů v tkáních a jejich přeměnu na bradyzoity.

Bradyzoity přetrvávají v těle meziphostitele v klidové formě, dokud se nedostanou do těla definitivního hostitele. Ve střevě kočkovité šelmy se bradyzoity (případně tachyzoity) již pohlavně rozmnožují a dochází k tvorbě oocyst. Oocysty jsou navíc velmi odolné; odolávají většině fyzikálním i chemickým rušivým vlivům, dezinfekčním prostředkům, jsou však citlivé na teplo a nedostatek vlhkosti (Ferguson, 2009).

6. 7 Strategie šíření *T. gondii*, možné způsoby nákazy člověka

U člověka je častou příčinou nákazy zanedbání standardní hygieny (mytí rukou po manipulaci se špinavými předměty) po práci na zahradě, nedokonalá tepelná úprava pokrmů (životaschopné tkáňové cysty jsou přítomny v mase nakažených býložravců i po jejich poražení), nedokonalé očištění potravin jako je ovoce a zelenina ze zahrady (ale také z obchodu), či pití vody z neošetřeného přírodního zdroje. Výjimkou není dokonce ani konzumace sýru či mléka od infikovaných zvířat, jedná se však o velmi ojedinělé případy. Výše popsané způsoby se označují jako alimentární. V případě manipulace s infekčními kočičími výkaly a opět nedostatečném očištění rukou se jedná o způsob fekálně-orální; je však mnohem více pravděpodobné, že člověk nákazu získá alimentární cestou.

V neposlední řadě je možné být infikován také prostřednictvím krevní transfúze či transplantace od infikovaného dárce, nejzávažnějším možným přenosem je potom cesta transplacentární, tedy z matky na plod (Hejduk, 2013). Velmi recentně byla prokázána přítomnost bradyzoitů (mimo sperma jiných teplokrevných živočichů – skot, zajáci, psovití, hlodavci...) již i v lidském spermatu (Tong et al, 2023), což poukazuje na možný pohlavní přenos mezi sexuálními partnery. Pohlavní přenos na samici prostřednictvím ejakulátu byl prokázán u výše zmíněných meziphostitelů. Ačkoli toxoplazmóza není klasifikována jako pohlavně přenosná choroba, výsledky dané studie potvrdily možný přenos, přičemž riziko přenosu z partnera na partnerku je 1,4x vyšší, riziko přenosu z partnerky na partnera je nízké. Jelikož by k nákaze partnerky mohlo dojít v období případného početí, vzniká zde riziko zisku kongenitální toxoplazmózy plodu (Hlaváčová et al, 2021). Možné cesty přenosu naznačeny schematicky na **Obr. č. 7**.



Obr. č. 7: Schematické znázornění možných způsobů přenosu *Toxoplasma gondii*
 Toto znázornění bylo pro tuto práci vytvořeno autorem.

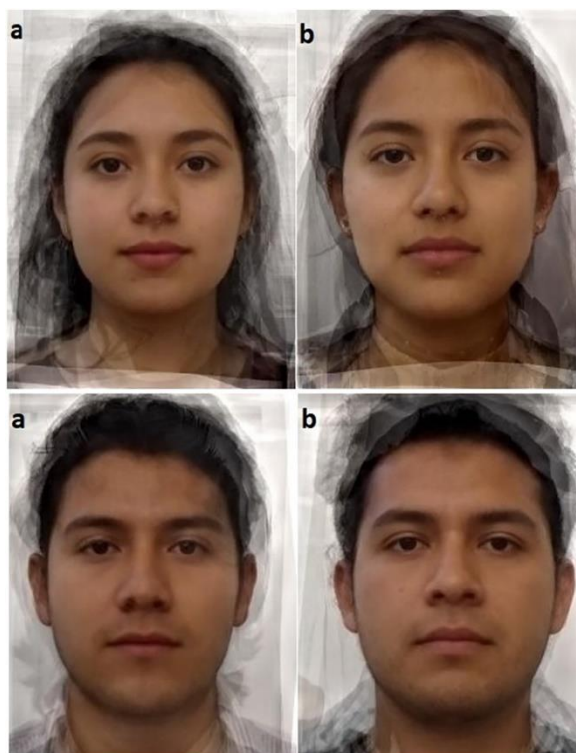
6. 8 Následky onemocnění toxoplazmózou

6. 8. 1 Vliv toxoplazmózy na vzhled

Jedním z možných způsobů získání infekce u lidí je pohlavní přenos. Provozování pohlavního styku nezřídka souvisí se subjektivním vnímáním atraktivity partnera, kdy vyšší atraktivita napomáhá k jeho uskutečnění.

Obecně je spíše pozorováno, že má-li v sobě jedinec parazita, na jeho zdraví, životních funkcích a také vzhledu se to dříve či později projeví spíše negativně. U toxoplasma-positivních jedinců se však přišlo na to, že se jejich obličejové rysy a například i tělesná váha mění v souladu se zvýšením atraktivity pro ostatní jedince (Borráz-León et al, 2022).

Na obrázku **Obr. č. 8** je možné pozorovat jistý rozdíl v rysech, kdy se jedny zdají být více symetrické, tudíž pro většinu pozorujících přitažlivější. Obličejové muže a ženy byly uměle vygenerované a sestavené z obličejových rysů asi dvaceti jedinců.



Obr. č. 8: Porovnání obličejových struktur muže a ženy toxoplasma-pozitivních (a) a toxoplasma-negativních (b)
Převzato z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8958965/>

Dále bylo také zjištěno, že zejména ženy mají vlivem nákazy nižší tělesnou hmotnost a nižší hodnotu *body-mass indexu*. Oproti neinfikovaným ženám měly také vyšší počet sexuálních partnerů (Borráz-León et al. 2022).

Je zcela přirozené, že lidé nejsou dokonale osově souměrní, rozdíly jsou však tak nepatrné, že bez jejich bližšího zkoumání jsou zanedbatelné. Jedná se například o různé hodnoty šířky levé a pravé horní končetiny, levé a pravé dolní končetiny, délky prstů, tvar a velikost orgánů aj., kdy je tato asymetrie u jedinců různá; tedy někteří mají širší pravou paži, jiní levou. Tomuto trendu se říká flukтуаční asymetrie. Předpokládá se, že míra této flukтуаční asymetrie u každého jedince odráží kvalitu a průběh jeho ontogenetického vývoje, přičemž čím více je vystaven rušivým vlivům v rámci genetiky i okolního prostředí, tím méně bude tělesně symetrický. Samice včetně těch lidských potom spíše vyhledávají a upřednostňují symetričtější samce za účelem zisku kvalitnějších a lepších genů pro své potomstvo.

Prvotní domněnkou bylo, že u toxoplasma-pozitivních osob se míra flukтуаční asymetrie zvýší oproti toxoplasma-negativním, neboť je typické, že se většina infikovaných nakazí v dětství, kdy ještě není jejich vývoj dokončen. Ukázalo se však, že mezi nakaženými a zdravými osobami nedocházelo k žádným statisticky významným odchylkám ve flukтуаční

symetrii, odlišnosti byly ale zaznamenány u některých tělesných parametrů. Například nakažení muži byli oproti zdravým mužům v průměru o 3 centimetry vyšší.

U toxoplazma-pozitivních se dále projevila asymetrie směrová. Jedná se o trend, kdy má většina příslušníků svého druhu více vyvinutou shodnou stranu těla (tedy je více vyvinutá pravá nebo levá strana oproti opačné straně). U pozitivních jedinců byly často pozorovány dané asymetrie buď pouze pravostranné, nebo pouze levostranné; například širší levý ušní boltec, delší prsty na ruce, širší a delší dlaně etc. Mechanismus této změny ještě není zcela znám (Flegr, 2011).

6. 8. 2 Vliv toxoplazmózy na paměť

Narušení paměti mezipřehostitele, tedy schopnosti užívat předchozích nabytých zkušeností, je pro kokcidiu kočičí poměrně velkou výhodou, neboť tak může snáze svého mezipřehostitele směřovat k definitivnímu hostiteli.

Bylo prokázáno, že latentní toxoplazmóza má u svých mezipřehostitelů negativní vliv na paměť, zejména krátkodobou a také prostorovou. S narůstajícím věkem jedince se paměťové schopnosti spíše zhoršují. U testované skupiny lidí průměrného věku 69 let (rozpětí 64–75 let) bylo zjištěno, že toxoplazma-pozitivní měli horší výsledky krátkodobé paměti, než lidé toxoplazma-negativní, nicméně negativní dopad na dlouhodobou paměť nebyl pozorován (Hejduk, 2013).

V současnosti se provádí výzkum, zda latentní toxoplazmóza nemá spojitost s propuknutím a rychlejším nástupem Alzheimerovy choroby (Mendy et al. 2015). Velmi recentní výzkum na potkanech ukázal, že některé kmeny *T. gondii* působí u jedinců s Alzheimerovou chorobou destruktivně a výrazně zhoršují kognitivní poruchy. Některé kmeny naopak působí v patogenezi Alzheimerovy choroby protektivně a sílu kognitivních poruch snižují. Nicméně k určení, které typy mechanismů se podílejí na účincích kmenů *T. gondii* proti kognitivnímu poškození u Alzheimerovy choroby, jsou třeba další studie (Galeh et al. 2023).

Zhoršené paměťové funkce mají podle vlastního hodnocení postižených značný podíl na poklesu kvality jejich života. Po řadě provedených testů bylo prokázáno, že u toxoplazma-pozitivních se paměť zhoršuje přímo úměrně věku, více oproti zdravým jedincům, a také reakční rychlost byla v důsledku infekce výrazně snížena, nižší než u neinfikovaných jedinců (Gajewski et al. 2014).

V další z řady studií byl naopak soubor účastníků testován v rámci paměti vizuálně-prostorové a pracovní. Konkrétně se jednalo o test, kdy byl testovaným osobám o věkovém průměru 22 let představen virtuální dvourozměrný a trojrozměrný prostor, v němž se měli dle vizuální paměti orientovat. U jedinců s latentní toxoplazmózou, nehledě na rozlišení pohlaví, byly pozorovány horší výkony než u jedinců bez nákazy (Hejduk, 2013).

6. 8. 3 Vliv toxoplazmózy na rozvoj duševních poruch

Po získání nákazy a jejím přechodu do latentní fáze se v těle mezipřijítele vytvářejí bradyzoické cysty, které se usazují téměř ve všech typech tělesných tkání. Výjimkou není ani tkáň mozková.

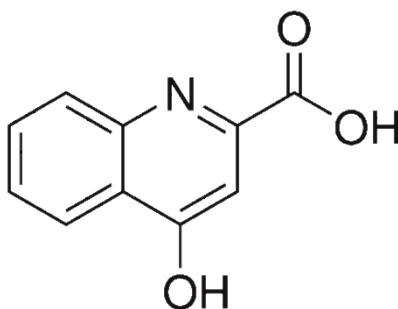
V současnosti se pozornost stále více zaměřuje na studium vlivu toxoplazmózy na rozvoj schizofrenie. Schizofrenie se řadí mezi závažné duševní poruchy, krom vlivu prostředí a zneužívání návykových látek je její propuknutí podmíněno polygenní dědičností (tedy na vzniku genetických dispozic ke vzniku onemocnění se podílí více genů malého účinku). Jedná se o onemocnění mozku, které je spojeno s jeho strukturálními a funkčními změnami; čehož může být příčinou právě přítomnost výše zmiňovaných cyst (Yolken et al. 2009).

Skupina pacientů trpících schizofrenií a zároveň toxoplazma-pozitivních vykazovala výraznější a silnější pozitivní symptomy onemocnění, k nimž patří například bludy, sluchové, zrakové a další halucinace, nečitelná řeč a zmatené myšlení. Mezi negativní symptomy, které jsou popsány jako omezení či absence normálního chování, se pak řadí otupený afekt, alogie (neschopnost smysluplné řeči), anhedonie (neschopnost prožívat kladné emoce a city), asocialita a avolice (pokles schopnosti vykonávat běžné rutinní činnosti) (Peyroux et al, 2019). Příznaky onemocnění byly výraznější v souladu s dobou expozice infekci toxoplazmózou, nebyla však prokázána přímá souvislost toho, že by toxoplazmóza byla zcela zodpovědná za nástup onemocnění. Je však pravděpodobné, že přítomnost parazitární infekce u jedinců s predispozicemi pro psychózu funguje jako jakýsi modulátor onemocnění, má kumulativní efekt, a symptomy schizofrenie se se zvyšujícím se věkem a dobou od primární nákazy zesilují a zhoršují (Holub, 2011).

Proběhlo také několik studií, které zkoumaly, jaký vliv má kočka, jakožto definitivní hostitel *Toxoplasma gondii*, na případné propuknutí a rozvoj schizofrenie a jiných onemocnění podobného charakteru. Zejména norská studie se na soužití s kočkami dotazovala velmi podrobně; získání infekce významně souviselo u dospělých lidí se skutečností, že v domácnosti

žili s koťaty. U dětí se potom mechanismus přenosu nejčastěji odehraje na nechráněných a neošetřených pískovištích, která mohou sloužit jako místa pro defekaci pro více než 20 koček. Následně dvě studie se pak zaměřily na hodnocení soužití s kočkou v dětství u jedinců se schizofrenií, a dospěly ke zjištění, že bylo u takovýchto jedinců významně častější než u těch, kteří touto duševní poruchou netrpěli. V rodinách, které v období od narození do 13 let věku jejich členů vlastnily kočku, se statisticky častěji u těchto jedinců rozvinula schizofrenie, nebo také bipolární porucha (Yolken et al. 2009).

Dle dopaminové teorie schizofrenie stojí za vznikem onemocnění právě nerovnováha v koncentracích tohoto hormonu v mezimozku a koncovém mozku, avšak role toxoplazmózy, která hladinu dopaminu u člověka může kontrolovat, nebyla prokázána, ačkoli tomu všechny aspekty nasvědčují. Významnou roli v následné hypotéze zastávají metabolity neurotransmiterů, konkrétně kyselina kyneurová (viz **Obr. č. 9**). Kyselina kyneurová vzniká jako produkt rozkladu aminokyseliny tryptofanu; k tomuto rozkladu dochází na základě rozpoznání přítomnosti parazitického prvoka – tedy i



Obr. č. 9: *Struktura kyseliny kyneurové*

Převzato z: https://en.wikipedia.org/wiki/Kynurenic_acid

toxoplazmy – v těle, neboť je tryptofan nezbytný pro jejich životaschopnost. Vzniklá kyselina kyneurová pak obsazuje vazebná místa na receptorech pro neurotransmitery. Její zvýšená koncentrace, která je u schizofreniků často pozorována, by mohla mít vliv na vznik či některé projevy tohoto onemocnění.

Výsledky výzkumu v České republice se od zahraničních mírně lišily. U osob trpících schizofrenií nebylo potvrzeno, že by se u nich toxoplazmóza vyskytovala s vyšší frekvencí než u zdravých jedinců. Příčinou toho trendu mohla být skutečnost, že se testu podrobily pouze osoby, které s účastí souhlasily. Do výzkumu tedy nebyli zahrnuti všichni pacienti, což mohlo způsobit právě eliminaci osob s výraznějšími projevy, nižší ochotou ke spolupráci a možnou

toxopozitivitou. I zde se však potvrdilo, že nakažení měli oproti zdravým jedincům výraznější a silnější pozitivní příznaky psychózy, navíc jedinci nakažení déle měli příznaky závažnější.

Dále byla zaznamenána skutečnost, že u toxoplasma-pozitivních mužů schizofrenie vypukla dříve, u pozitivních žen naopak později než u zdravých jedinců. U obou kategorií pak byla průměrná hospitalizace delší, než u schizofreniků bez infekce toxoplasmou (Flegr, 2011).

6. 8. 4 Vliv toxoplazmózy na chování a osobnost

U kokcidie kočičí je její klíčovou vlastností skutečnost, že manipuluje chování svého meziphostitele. Když byl tento fakt prokázán u hlodavců, tedy nejvhodnějších meziphostitelů, proběhlo mnoho porovnání mezi dospělými nakaženými a nenakaženými lidskými jedinci. Behaviorální testy a osobnostní dotazníky odhalily několik signifikantních rozdílů mezi účastníky. Mezi možné mechanismy, kterými parazit lidské chování ovlivňuje, patří kontrola nad důležitými hormony dopaminem a testosteronem (Flegr, 2007).

Zásadní je fakt, že se nejedná o žádný náhodný jev či vedlejší efekt v rámci infekce. Hypotéza hovoří o tom, že aby se vytvořila tato schopnost manipulace parazitem, muselo se jednat o účelový produkt evoluce. Jelikož se tkáňové cysty usazují v naprosté většině v mozku, je tato pozice z hlediska dosáhnutí manipulace pro *T. gondii* velmi výhodná.

Ačkoli lidé nepředstavují z hlediska úspěšnosti dokončení životního cyklu kokcidie kočičí ideální meziphostitele, neboť jen zřídka jsou kočkovitými šelmami loveni, mohou nákazu náhodně získat a následná změna chování u nich potom vzniká jako nežádoucí vedlejší účinek. Není příliš pravděpodobné, že by měl parazit rozlišovací schopnost či rozpoznávací mechanismy, které by expresi u meziphostitelů zahajovaly jen v případě, že by se jednalo o pravděpodobnou kořist kočkovitých šelem.

Přesné mechanismy, kterými *T. gondii* svého meziphostitele ovládá, ještě nejsou zcela objasněny, ale rozdíly mezi hlodavci a lidmi během nákazy by mohly být při zjišťování nápomocné. Zásadní je skutečnost, že průměrná doba dožití hlodavců se více blíží době trvání akutní fáze onemocnění, ale fáze latentní, kde by se začal uplatňovat kumulativní efekt, se hlodavci většinou nedožijí. Průměrná doba dožití člověka je mnohem delší než trvání akutní fáze, fáze latentní je dlouhodobá – doživotní. Z tohoto hlediska jsou jakékoli abnormality a změny v chování u lidí pozorované několik let po infekci důsledkem kumulativního efektu, který byl vyvolán aktivitou parazita v latentní fázi.

Je spíše pravděpodobné, že behaviorální změny vyvolané *T. gondii* mohly být adekvátně přizpůsobeny v linii předků, u nichž vznikly, a uplatňovaly se u dřívějších nakažených savců a ptáků, nicméně se dochovaly až k dnešním potomkům *T. gondii*, u nichž důsledky mohou být jak výhodné, tak nevýhodné. Příkladem je u toxoplazma-pozitivních lidí v latentní fázi zaznamenaná nižší psychomotorická výkonost a vyšší reakční doba, což ale přenos parazita do definitivního hostitele nijak neovlivní. Pro parazita tak tato vlastnost u člověka ztrácí význam. Nicméně, ekvivalentní zvýšení reakční doby u vhodných mezihostitelů, jako jsou myši a ptáci, by v konečném výsledku velmi zvýšilo pravděpodobnost jejich úspěšné predace definitivním hostitelem, ačkoli by to nevyloučilo predaci jiným, pro parazita nevhodným predátorem.

Ačkoli tedy mechanismy nejsou ještě zcela vysvětleny, lze předpokládat, že u všech mezihostitelů se uplatňují stejně (Webster, 2001).

Změny chování a zejména osobnostních rysů se navíc projevují odlišně u mužů a žen. U infikovaných žen oproti nenakaženým vzrůstá míra vřelosti a přátelskosti, také svědomitosti, důvěřivosti, tolerance aj. U infikovaných mužů nastává posun opačným směrem, jsou tedy více nedůvěřiví, mají větší tendence nedodržovat pravidla, jsou spíše odtažití, rezervovaní a kritičtí, laxní, oproti zdravým mužům. Zjištěna byla také souvislost mezi délkou expozice a mírou změn, kdy delší expozice znamená výraznější posun osobnostních rysů. Toto zjištění podpořilo domněnku toho, že osobnostní změny jsou u lidských mezihostitelů pouze vedlejší důsledek infekce a nemají vliv na pravděpodobnější zisk nákazy u definitivních hostitelů (Lindová et al, 2006).

Bylo například zjištěno, že toxoplazma-pozitivní jedinec se mnohem častěji stane účastníkem, případně obětí dopravní nehody, ať už jako řidič či jako chodec, muž i žena, oproti nenakaženému. Pravděpodobnost je 2,65x větší, přičemž navíc náchylnější jsou osoby s negativním Rh-faktorem, u nichž se snížení reakční doby projeví téměř okamžitě po získání nákazy a je větší, než u Rh-pozitivních osob. Dle WHO připadá na dopravní nehody ročně a celosvětově 1,4 milionu úmrtí. Při přepočtu by to znamenalo, byla by-li celosvětová frekvence výskytu nákazy stanovena stejně jako v ČR na přibližně 30 %, že je toxoplazmóza takto nepřímo zodpovědná za úmrtí několika set tisíc lidí. Vyšší úmrtnost v rámci protozoální infekce má pouze malárie; to z *T. gondii* činí tedy hned po malárii 2. největší příčinu úmrtí v rámci onemocnění způsobených prvokem. (Flegr, 2011).

Prokázán byl také vliv latentní toxoplazmózy na vzrůst sebevražedných tendencí u lidských mezihostitelů. Ve 29 evropských zemích se ukázal pozitivní trend, kdy přítomnost

nákazy přímo korelovala se zvýšeným rizikem sebevraždy. Nicméně u 59 zemí mimo Evropu byl tento trend negativní. Příčina tohoto rozdílu dosud nebyla objasněna (Flegr et al, 2014).

V rámci sebevražedného počínání byla provedena studie na tureckých občanech, kdy se srovnávaly sérologické výsledky dvou set jedinců, kteří se dříve pokusili o sebevraždu, a dvou set zdravých dobrovolníků. Přítomnost protilátek (tedy přítomnost nákazy) byla ve skupině neúspěšných sebevrahů výrazně vyšší než v kontrolní skupině, z čehož lze predikovat, že mezi onemocněním toxoplazmózou a sebevražedným chováním může existovat spojitost (Yagmur et al, 2010). Už dříve bylo pozorováno u hlodavců, že jsou po prodělání nákazy přitahováni na místa, která jsou označena kočičím pachem, tráví na nich podstatně více času než zdraví jedinci, a také se u nich snižuje míra strachu z nových podnětů. Za normálních okolností by se těmto stanovištím vyhýbali a nenavštěvovali je, případně na nich trávili co nejméně času. Toto chování je pravděpodobně zcela účelné v rámci manipulace, neboť významně zvyšuje pravděpodobnost predace, pro hlodavce je to tedy hazardní, sebevražedné chování (Webster et al, 2006).

6. 8. 5 Vliv toxoplazmózy na rozmnožování

Vedle již známé skutečnosti, že je zisk infekce toxoplazmózy během těhotenství velmi nebezpečný, existují hypotézy, které naznačují, že latentní (i akutní) toxoplazmóza by mohla negativně ovlivňovat plodnost mužů i žen.

Během akutní fáze, tedy těsně po nakažení, se v těle vyskytují rychle se množící buňky, které efektivně zaplavují celý organismus a nacházet se tedy mohou i v reprodukčních orgánech, zejména u mužů. Zde mohou způsobovat chybnou spermiogenezi (vyzrávání spermií), výrazně snižovat koncentraci a pohyblivost spermií. Byl prokázán vyšší výskyt toxoplazmózy u neplodných párů oproti párům plodným. Latentní fáze naopak může působit větší problém u žen, které v důsledku této nákazy mají problémy s početím. Často otěhotní až vyšším věku a častěji využívají IVF (Hlaváčová, 2017).

Studie prováděná v letech 2016–2018 v Praze (ve spolupráci s Centrem asistované reprodukce a 1. Lékařskou fakultou univerzity Karlovy) zahrnovala původně celkem 758 mužů, kteří navštívili CAR skrze problémy s plodností. Od těchto mužů byly odebrány vzorky krve a spermatu. 89 jedinců bylo z různých důvodů ze studie vyloučeno. Studii se tedy podrobilo v konečném výsledku 669 mužů. Z výše uvedeného počtu zkoumaných jedinců se u 136 (24,36 %) z nich potvrdila latentní toxoplazmóza. Dále z 669 jedinců byla u 293 z nich nalezena

patologie ve spermatu, zbývajících 376 mužů bylo normozoospermních (tedy spermie nevykazovaly žádný funkční ani tvarový defekt). Z 293 mužů s defektními spermii jich bylo 26,96 % (tedy 79) toxoplasma-pozitivních, u mužů s normozoospermii byla prevalence 22,34 %. Korelace mezi latentní toxoplazmózou a kvalitou a počtem spermii se ukázala jako významná. Průměrný věk účastníků studie byl přibližně 36 let (Hlaváčová et al, 2021).

Příčinou neplodnosti u žen může být ovlivňování hladiny anti-Müllerova hormonu (AMH), jehož koncentrace v krvi odpovídá rezervě vajíček v ovariích. Nižší koncentrace hormonu značí nízký počet vajíček, což může být jednou z příčin neplodnosti. Ze 411 testovaných žen (Irák), které vyhledaly pomoc na základě problému s plodností, byla u 205 z nich stanovena nízká hladina AMH. Zásadním faktorem byl věk žen, kdy u účastnic ve věku 36–45 let byly hladiny AMH ve vysoké míře velmi nízké, naproti tomu u skupiny 15–25 byly hladiny u většiny účastnic v uspokojivé normě. Přítomnost infekce se potvrdila u 224 žen s různými hladinami AMH. U žen starších 36 let se více vyskytovaly imunoglobuliny typu M, u žen nad 46 let naopak protilátky typu G. Hladina AMH v krvi se zcela přirozeně mění v souladu s věkem, kdy je v období dosažené pohlavní zralosti nejvyšší, poté postupně klesá, po klimakteriu je v krvi nedetekovatelná. Nicméně v období 26–35 let by měla být hladina AMH uspokojivá, přičemž mezi účastnicemi byla u více než 50 % z nich zjištěna hladina nízká, z čehož plynula neplodnost. Závislost hladiny AMH v krvi na toxoplazmóze byla signifikantní (Salman, 2014).

Dále bylo prokázáno, že má latentní toxoplazmóza u žen vliv na délku jejich těhotenství a také během těhotenství ovlivňuje jejich váhu. Srovnání proběhlo v souboru těhotných žen toxoplasma-negativních a toxoplasma-pozitivních v období 15. týdne těhotenství. Bylo zjištěno, že nakažené ženy měly váhu nižší než zdravé ženy. U nakažených žen trvala jejich gravidita v průměru přibližně o 1,5 dne déle oproti neinfikovaným. Příčinou tohoto zpoždění je skutečnost, že toxoplazmóza v latentní fázi zpomaluje v raném období těhotenství vývoj plodu. Těhotenství pak trvá déle, neboť vývoj plodu je tak dlouhý, dokud nezíská správnou délku a váhu. Děti se tedy infikovaným ženám nerodí menší, avšak i tento z hlediska průměrné délky těhotenství drobný rozdíl může mít významnou roli. Jelikož se odlišnost ukázala zejména v prvním trimestru, tedy období, kdy je vývoj zárodka nejrychlejší, není vyloučeno, že je u toxoplasma-pozitivních pomalejší vývoj provázen poruchami a defekty (Flegr, 2011).

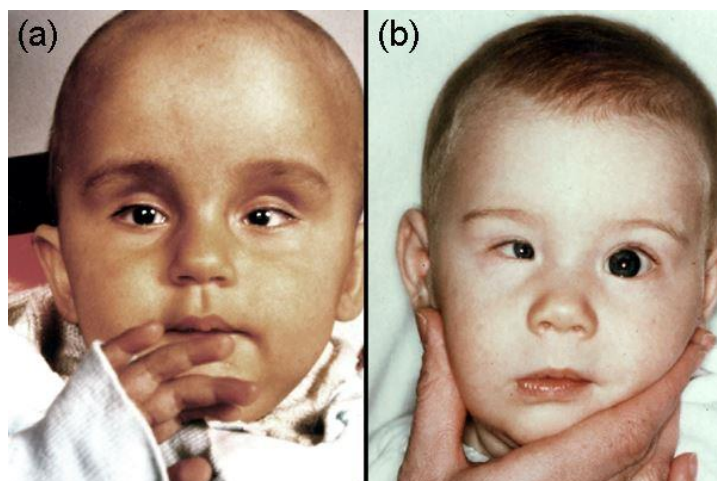
Další pozorování proběhlo v rámci zkoumání postnatálního vývoje dětí matek s latentní toxoplazmózou. Na základě dotazníku zaslaného matkám pozitivním i negativním přibližně 2 roky po narození dítěte se přišlo na skutečnost, že i po narození byl další vývoj dětí významně

statisticky opožděn. Dotazník zjišťoval, kdy byly děti schopné zvedat hlavičku, samy se posadit, chodit etc. Ačkoli tedy děti samotné nebyly toxoplasmou nakažené, protože latentní onemocnění se z matky na plod nepřenáší, byly infekcí svých matek významně ovlivněny (Flegr, 2011).

Latentní infekce také ovlivňuje pohlavní index potomstva, tedy poměr narozených chlapců ku narozeným děvčatům. Konkrétně se jedná o skutečnost, že se nakaženým ženám rodí s větší frekvencí chlapci než děvčata, což však platí pro ženy nakažené po kratší dobu (přibližně 4 roky). Naopak u žen, které nákazu prodělaly velmi dávno, byla pozorována převaha dívek. Není však zcela jasné, proč k tomuto jevu dochází, zda se jedná o vedlejší efekt infekce či cílenou manipulaci (Flegr, 2011).

U vhodného mezipřenosce, jímž je hlodavec, by zvýšení produkce samčího potomstva mohlo vést k úspěšnějšímu šíření infekce k definitivnímu hostiteli, neboť jsou samci více průzkumní, mají větší teritoriální oblast, jsou více agresivní a více migrují. V přirozené situaci by tedy byla nadprodukce samců více výhodná v rámci šíření infekce (Kaňková et al, 2006).

Získání toxoplazmózy během těhotenství je nákazou nejrizikovější. Zejména během prvního trimestru, kdy je šance přenosu z matky na dítě nižší, za to jsou ovšem důsledky nejzávažnější. Mimo potratu hrozí plodu velké zdravotní postižení jako hydrocefalus, mikrocefalie atd (viz **Obr. č. 10**. Na fotu **a**) pozorujeme dítě s hydrocefalem, na fotu **b**) dítě s mikroftalmií levého oka, na **Obr. č. 11** pak pozorujeme kojence s hydrocefalem) (Flegr, 2011).



Obr. č. 10: Kongenitální toxoplazmóza u dětí

Převzato z: http://www.qu.edu.iq/med/wp-content/uploads/2015/10/Toxoplasma_7-lecture-3rd.pdf



Obr. č. 11: Hydrocefalus u kojence jako důsledek kongenitální toxoplazmózy

Převzato z: <https://www.priznaky-projevy.cz/pediatric/189-toxoplazmoza-u-plodu-novorozence-priznaky-projevy-symptomy>

Latentní nákaza také souvisí se zvýšenou hladinou glukózy, čemuž pak odpovídá vyšší výskyt gestačního diabetu, dále se zvyšuje riziko vzniku autoimunitních chorob štítné žlázy (Flegr a Kaňková, 2020).

7. Didaktické pojetí *Toxoplasma gondii*

O *Toxoplasma gondii* jakožto původci onemocnění toxoplazmózy se v různé míře vyučuje na základních a středních školách v rámci protozoologie, parazitismu, biologie člověka. Větší pozornost z hlediska učebnic je problematice věnována na středních školách (např. malý odstavec je věnován *T. gondii* v učebnici *Biologie pro gymnázia* (Jelínek a Zicháček, 2006), v němž se pouze upozorňuje na riziko u těhotných žen), a samotní vyučující biologie mohou zmiňovat *T. gondii* ve výuce podrobněji. Na základních školách se naopak mnohdy nevyskytne ani zmínka či relevantní poznámka (informace o *T. gondii* neobsahují např. učebnice *Přírodopis s nadhledem 6* (Pelikánová, 2019), *Přírodopis 6 pro základní školy a víceletá gymnázia* (Čabradová et al, 2010) a je tak pouze na vyučujícím, aby toto téma žákům představil. Cílem této kapitoly by měla být snaha o popularizaci a adekvátní osvětu tématu mezi dětmi a adolescenty na základních a středních školách.

7.1 Výuka o problematice toxoplazmózy na základních a středních školách

Toxoplazmóza jakožto onemocnění globálního rozměru by měla být na školách důsledně probrána počínaje svým původcem, parazitární kokcidií, přes její životní cyklus a nákazu člověka, až po důsledky, léčbu a především prevenci. Je třeba však informační obsah vhodně rozlišit a nadefinovat pro věkové kategorie, přizpůsobit míru složitosti tak, aby byla únosná pro posluchače daného věku. Zcela by měly postačit základní informace jako je jednoduché taxonomické zařazení, průběh životního cyklu (*půda – mezipostitel – hostitel*) bez zmínek o různých typech životních forem. Samozřejmostí je naznačení možných způsobů přenosu a důsledek onemocnění u lidí, zejména v období těhotenství. Cílem by určitě nemělo být zneklidnění posluchačů, či vytvoření zaujatosti a odtažitosti vůči definitivním hostitelům v našich podmínkách, tedy kočkám.

Jelikož se jedná o nákazu, kterou je více než třetina světová populace ovlivněna ve svém každodenním životě, a kterou v České republice prodělá přibližně každý 3. občan, měla by jí být mezi mladými lidmi, kteří jsou k onemocnění nejnáchylnější, rozhodně věnována patřičná pozornost.

7. 2 Pracovní list na téma toxoplazmóza na základních školách

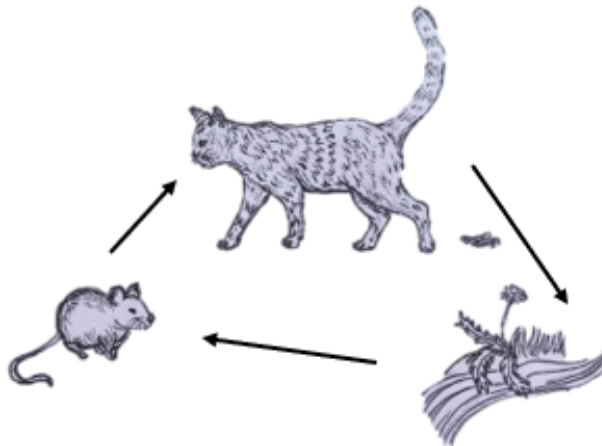
TOXOPLAZMÓZA – PRACOVNÍ LIST PRO ZŠ (8. – 9. třída)

1) Vysvětlete pojem *prvok* a uveďte příklady alespoň tři Vám známých prvoků. Pokuste se ke každému prvoku přiřadit jeho přirozené stanoviště:

2) Stručně vysvětlete pojem *parazit a hostitel*, uveďte alespoň tři příklady rostlinných nebo živočišných parazitů, které znáte:

3) Vyjmenujte alespoň 3 parazitické prvoky a uveďte onemocnění, která u člověka způsobují. Kde se s těmito zástupci můžete setkat? Jak se můžete nakazit? Jaké jsou příznaky pro dané onemocnění a jak se lze nákaze vyhnout?

4) Popište níže uvedené schéma životního cyklu kokcidie kočičí:



5) Diskutujte, čím je toxoplazmóza významná pro člověka:

Autorské řešení:

1) Vysvětlete pojem *prvok* a uveďte příklady alespoň tří Vám známých prvoků. Pokuste se ke každému prvoku přiřadit jeho přirozené stanoviště:

Prvok = Jednobuněčný eukaryotní organismus. Věda zkoumající prvoky se nazývá protozoologie.

Trepka velká – znečištěné vodní toky celého světa (sladkovodní i mořské), stojaté vody, senný nálev, žaludek přežvýkavců, ...

Krásnoočko zelené – znečištěné vodní toky, stojaté vody (sladkovodní), louže, příkopy, senný nálev, ...

Měňavka bahenní – bahenní dna vodních nádrží, zahnívajících vody, ...

2) Stručně vysvětlete pojem *parazit* a *hostitel*, uveďte alespoň tři příklady rostlinných nebo živočišných parazitů, které znáte:

Parazit = organismus, který přežívá a rozmnožuje se na úkor jiného organismu, odebírá živiny potřebné pro život.

Hostitel = organismus postižený parazitem, nedobrovolně poskytuje své živiny parazitu. Parazit může obývat tělní dutiny hostitele.

Příklady parazitů: jmelí zelené, komár pisklavý, tasemnice bezbranná.

3) Vyjmenujte alespoň 3 parazitické prvoky a uveďte onemocnění, která u člověka způsobují. Kde se s těmito zástupci můžete setkat? Jak se můžete nakazit? Jaké jsou příznaky pro dané onemocnění a jak se lze nákaze vyhnout?

Zde by měla proběhnout diskuse o tématu parazitických prvoků ve světě. Určitě by měla být zmíněna malárie, spavá nemoc, toxoplazmóza.

Trypanosoma spavičná – původce spavé nemoci, Afrika, přenos na člověka (či jiné savce) bodnutím mouchy tse-tse, mezi projevy patří horečky, malátnost, únava, zduření mízních uzlin.

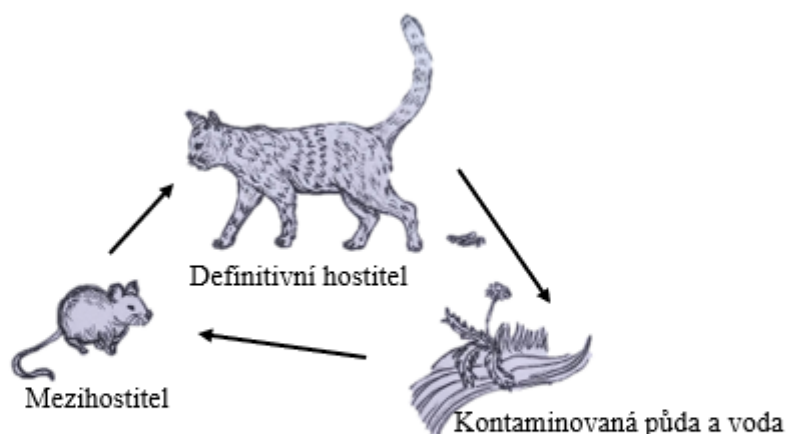
Zimnička čtvrtodenní (případně třetidenní, tropická) – původce malárie, tropické pásmo (tj. Amazonie, jihovýchodní Afrika, Asie), přenos na člověka prostřednictvím komára rodu Anopheles, mezi projevy patří zimnice, třesavka, delirium, cyklicky se opakující vysoké horečky.

Kokcidie kočičí (*Toxoplasma gondii*) – původce toxoplazmózy, kosmopolitní, konzumace nedostatečně hygienicky ošetřených a tepelně zpracovaných potravin, mezi projevy (v akutní fázi) patří únava, malátnost, bolest hlavy, zvýšená teplota.

Na žádnou z výše uvedených nálezů dosud neexistuje očkování. Nejlepší prevencí je proto dodržovat základní hygienické návyky a v případě trypanosomy a zimničky se vyhýbat zamořeným oblastem.

(Dále: bičenka poševní, lamblie střevní, *Naegleria fowleri* (měňavka jezerní), leishmania (ničivka), měňavka úplavičná, ...)

4) Popište níže uvedené schéma životního cyklu kokcidie kočičí:



5) Diskutujte, čím je toxoplazmóza významná pro člověka:

Diskuse o těch nejvýznamnějších dopadech onemocnění. Zmínit především vliv na plod během těhotenství, poukázat na souvislosti se zhoršenou pamětí, sníženou reakční dobou, zpomalenými reflexy aj.

Jak vyplňovat pracovní list:

Cílem tohoto pracovního listu je seznámit žáky blíže s onemocněním toxoplazmóza. První a druhé zadání by bylo vhodné žákům zadat jako práci do dvojice, měli by diskutovat mezi sebou na základě znalostí, které získali z předchozích hodin. K oběma cvičením by si měli zapsat pouze stručné informace (viz autorské řešení), přičemž následně by měla proběhnout kontrola od vyučujícího (tzn. vyučující ukončí práci ve dvojicích a pro celou skupinu žáků nahlas přednese správné řešení, případně osloví několik žáků, aby pro celou skupinu nahlas částí řešení přednesli oni).

Třetí zadání by mělo proběhnout formou dotazování vyučujícího směrem k žákům. Mělo by se jednat o celoskupinovou diskusi, kdy budou žáci uvádět, co si pod slovním spojením představují a do jaké míry je tato skupina organismů globálně významná. Vyučující potom žákům sdělí fakta. Mělo by dojít ke zmínění významných zástupců parazitických prvoků, z nichž by měla zaznít samozřejmě *T. gondii*, nejpříhodnější by bylo zmínit se o zimničce a trypanosomě jakožto o původcích vážných a globálně významných onemocnění (malárie, spavá nemoc).

Ve čtvrtém zadání se již blíže věnujeme toxoplazmóze. U schématu životního cyklu žáci nejprve pracují samostatně, pak následuje hromadná slovní kontrola vyučujícím. Vyučující

krátce vysvětlí (či připomene) pojmy mezihostitel a definitivní hostitel, dále následně stručně shrne tento zjednodušený životní cyklus.

V závěrečné diskusi je potom důležité, aby vyučující našel rovnováhu mezi poskytnutím relevantních informací a vyvaroval se znepokojování posluchačů. Dále by bylo vhodné poskytnout informace o prevenci onemocnění. Mělo by být zdůrazněno, že kočky nejsou nevhodnými domácími mazlíčky, a toto tvrzení je nutné zdůvodnit.

List je koncipován pro **starší žáky** základních škol, vhodný do vyučování v rámci protozoologie v hodinách přírodopisu, případně přírodopisného semináře. Měl by sloužit jako výuková a studijní pomůcka.

7. 3 Pracovní list na téma toxoplazmóza na středních školách a gymnáziích

TOXOPLAZMÓZA – PRACOVNÍ LIST PRO SŠ A GYMNÁZIA (2. ročník a volitelný seminář z biologie ve 4. ročníku)

1) Vyjmenujte co nejvíce parazitických prvků, které znáte a doplňte onemocnění, která způsobují.

2) Doplňte do vynechaných polí v textu vhodná slova tak, aby vznikl správný a smysluplný popis životního cyklu *Toxoplasma gondii*.

Text:

Cyklus kokcidie kočičí (.....) začíná vyloučením infikovaného trusu hostitelem, tedy kočkovitou šelmou. Infikovaný trus kontaminuje půdu a vodu, z nichž se poté nakazí, jímž je nejčastěji hlodavec (může to být však jakýkoli jiný teplotokrevný živočich). Nakažený hlodavec se potom chová zmateně a jeho reakce jsou zpomalené, což šance k tomu, aby byl kočkou uloven a pozřen. Parazit se tak dostane opět do svého definitivního hostitele a cyklus je tak uzavřen.

3) Diskutujte možné způsoby nákazy člověka:

4) Navrhněte, jak se lze proti infekci chránit:

5) Zamyslete se nad možnými riziky pro člověka, která plynou z nákazy toxoplazmózou:

Autorské řešení:

1) Vyjmenujte co nejvíce parazitických prvků, které znáte a doplňte onemocnění, která způsobují.

Trypanosoma spavičná – spavá nemoc

Zimnička čtvrtodenní/tropická – malárie

Kokcidie kočičí – toxoplazmóza

Bičenka poševní – trichomoniáza

Lamblie střevní – Giardióza (lamblióza)

Měňavka úplavičná – průjmy

2) Doplňte do vynechaných polí v textu vhodná slova tak, aby vznikl správný a smysluplný popis životního cyklu *Toxoplasma gondii*.

Text:

Cyklus kokcidie kočičí (*Toxoplasma gondii*) začíná vyloučením infikovaného trusu **definitivním** hostitelem, tedy kočkovitou šelmou. Infikovaný trus kontaminuje půdu a vodu, z nichž se poté nakazí **mezihostitel**, jímž je nejčastěji hlodavec (může to být však jakýkoli jiný teplokrevný živočich). Nakažený hlodavec se potom chová zmateně a jeho reakce jsou zpomalené, což **zvyšuje** šance k tomu, aby byl kočkou uloven a pozřen. Parazit se tak dostane opět do svého definitivního hostitele a cyklus je tak uzavřen.

3) Diskutujte možné způsoby nákazy člověka:

Konzumace kontaminovaných potravin a kontaminované vody – nejčastější

Přenos z matky na plod – nejzávažnější

Pohlavní přenos – v nedávné době bylo zjištěno, že se nákaza může šířit mezi lidmi prostřednictvím pohlavního styku. Zejména pro ženy vzniká riziko zisku infekce od partnera. V případě početí by vznikající zárodek mohly ohrožovat komplikace spojené s vrozenou toxoplazmózou.

Fekálně-orální přenos – způsob přenosu, při němž se infekční oocysty dostávají do těla přes ústa, nejčastěji kvůli kontaktu neumytých rukou s ústní dutinou, potravinami, ...

Transfúze, transplantace

4) Navrhněte, jak se lze proti infekci chránit:

Dodržování standardních hygienických návyků (mytí rukou, omývání zeleniny a ovoce – jak domácích, tak kupovaných), vyhýbání se konzumaci nedokonale tepelně upravených pokrmů, zvýšená opatrnost při manipulaci se syrovým masem, v případě pořízení kočky jako domácího mazlíčka dbát na pravidelnou hygienu kočičího záchodku.

5) Zamyslete se nad možnými riziky pro člověka, která plynou z nákazy toxoplazmózou:

Riziko poškození plodu během těhotenství, abortce, vznik a rozvoj duševních poruch, poruchy paměti, zpomalená reakční doba, snížená rychlost reflexů, snížená plodnost a kvalita potomstva atd. Pro osoby s imunodeficitem (trpící AIDS, rakovinou, autoimunitními chorobami aj.) je onemocnění toxoplazmózou závažné a může pro ně být letální.

Jak vyplňovat pracovní list:

Pracovní list pro studenty středních škol a gymnázií je koncipován tak, aby formou diskuse a dotazů, „brainstormingu“, přiměl k hlubšímu zamyšlení se nad tématem. Cílem by mělo být nejen strohé shrnutí působení *T. gondii* na člověka, ale také snaha téma prezentovat v mezipředmětových vztazích, v rámci geografie (přehled o demografických parametrech regionů, kulturních zvyklostech), základů společenských věd (sociální podmínky obyvatelstva) etc. a snaha přimět posluchače k hledání souvislostí mezi zdánlivě nesouvisejícími charakteristikami. Jakožto adolescenti jsou tito lidé v mnohých případech již sexuálně aktivní, a zejména pro (mladé) ženy vzniká riziko zisku infekce od partnera prostřednictvím pohlavního styku. V případě početí by se pak infekce mohla přenést na vznikající zárodek.

První zadání slouží jako krátké samostatné opakování, kdy studenti vypisují zástupce parazitických prvoků. Mimo toxoplazmózu existují i další závažná parazitární onemocnění, která nabývají globálního významu a rozsahu.

Druhé zadání je již zcela zaměřeno na kokcidii kočičí, konkrétně životní cyklus. Jedná se pouze o jednoduchý popis, po kontrole vyučujícím by měla následovat rozšířená diskuse (vyjmenovat další možné mezipřehostitele, zmínit možnost cyklu bez mezipřehostitele, vložit obecné informace o tom, jak dlouho jsou vzniklé cysty infekční, jak se onemocnění projevuje u svých hostitelů etc.).

Čtvrté zadání formou krátké diskuse shrnuje způsoby prevence proti onemocnění, což jsou základní hygienické návyky. Zde je třeba doplnit, že i přes pečlivé mytí rukou, potravin a vynechání syrových pokrmů z jídelníčku, je stále možné nákazu získat, ačkoli se tímto riziko zisku nákazy výrazně snižuje.

Závěrečná diskuse by opět měla být nejdůležitějším bodem pracovního listu. Výčet rizik plynoucích z onemocnění je bohatší, než se může na první pohled zdát, a pro mnohé studenty budou tato fakta zcela novým zjištěním. Vhodným postupem by bylo studentům nejprve poskytnout prostor na vyjádření o tom, co vše je jim o onemocnění známo, až poté by měl vyučující sdělovat nová fakta. Zejména pro tuto věkovou kategorii je také významně přínosné zmínit rizika spojená s plánováním rodičovství, zejména riziko kongenitální toxoplazmózy, vhodné by bylo doporučení podstoupit sérologické testy.

Je důležité, aby měl sám vyučující o tématu skutečný přehled, než se se studenty pustí do práce.

8. Závěr

Toxoplazmózou je v současné době nakaženo více než 30% světové populace. Incidence nejvíce zasažených oblastí často souvisí s provozováním určitého životního stylu a kulturními zvyklostmi.

Dosud není známa žádná vakcína, která by zamezila zisku onemocnění, ani lék, který by v lidském těle zničil všechny pozůstatky parazita po prodělání nákazy. Akutní nákaza se stává nebezpečnou zejména pro osoby s imunodeficitem, a zvláště vysoké je riziko u těhotných žen, kde hrozí při primoinfekci vážné poškození vyvíjejícího se plodu či jeho aborce. Z latentního onemocnění plynou obtíže spojeny s myšlením a pamětí, možný rozvoj duševních poruch a neurodegenerativních onemocnění, behaviorální změny a změny osobnostních rysů, snížení rychlosti reflexů a reakční doby.

V souladu se stanovenými cíli bakalářské práce jsem popsala morfologii s taxonomickým zařazením, vývojová stadia a historický postup výzkumu *Toxoplasma gondii*. Literární přehled dále obsahuje shrnutí současné situace problematiky ve světě, konkrétně výzkumu, rozšíření a léčby.

Nejpodstatnějším cílovým tématem bylo uvést možné způsoby získání infekce a vyjmenovat nejzávažnější důsledky, které z ní plynou. V práci jsem popsala, jakými cestami se nákaza dostane až k člověku jakožto k mezipřenositeli, včetně recentních zásadních zjištění o tom, že se může šířit pohlavním stykem. Z důsledků jsem se pokusila nastínit ty nejrelevantnější, které ovlivňují každodenní život člověka.

Součástí práce byla také didaktická kapitola, jejímž obsahem byla zejména osvěta a popularizace mezi žáky a studenty základních a středních škol. V rámci této sekce jsem vytvořila dva pracovní listy odlišné pro dané věkové kategorie zaměřené na diskusi, brainstorming na téma parazitických prvoků, zejména na *T. gondii* a toxoplazmózu. Jelikož jsou mladí lidé tou nejnáchylnější skupinou pro získání infekce, je vhodné zařadit toto téma do hodin biologie, protože jim poskytuje užitečné a stěžejní informace uplatnitelné pro jejich budoucí život.

9. Seznam citované literatury

- ADDO, S. O., ASARE, T. O., ARTHUR, Ch., AMOATENG, K., ADDO, K. a LARBI, J. A. (2023). Toxoplasma gondii among pregnant women attending antenatal care in a district hospital in Ghana. *Public Health Challenges* [online]. **2**(2). Dostupné z: doi:10.1002/puh2.82
- AHMED, M., SOOD, A. a GUPTA, J. (2020). *Toxoplasmosis in pregnancy* [online]. **255**, 44-50 [cit. 2023-07-21]. ISSN 03012115. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejogrb.2020.10.003
- AL-ADHROEY, A. H., MEHRASS, A. A. O., AL-SHAMMAKH, A. A., ALI, A. D., AKABAT, M. Y. M. a AL-MEKHLAFI, H. M. (2019). Prevalence and predictors of Toxoplasma gondii infection in pregnant women from Dhamar, Yemen. *BMC Infectious Diseases* [online]. **19**(1). Dostupné z: doi:10.1186/s12879-019-4718-4
- ALVARADO-ESQUIVEL, C., SIFUENTES-ÁLVAREZ, A., NARRO-DUARTE, S. G., ESTRADA-MARTÍNEZ, S., DÍAZ-GARCÍA, J. H., LIESENFELD, O., MARTÍNEZ-GARCÍA, S. A., a CANALES-MOLINA, A. (2006). Seroepidemiology of Toxoplasma gondii infection in pregnant women in a public hospital in northern Mexico. *BMC Infectious Diseases* [online]. **6**(1). Dostupné z: doi:10.1186/1471-2334-6-113
- BÁRTOVÁ, E., LUKÁŠOVÁ, R., VODIČKA, R., VÁHALA, J., PAVLAČÍK, L., BUDÍKOVÁ, M. a SEDLÁK, K. (2018). Epizootological study on Toxoplasma gondii in zoo animals in the Czech Republic. *Acta Tropica* [online]. **187**, 222-228. Dostupné z: doi:10.1016/j.actatropica.2018.08.005
- BÁRTOVÁ, E., SEDLÁK, K. a LITERÁK, I. (2009). Serologic survey for toxoplasmosis in domestic birds from the Czech Republic. *Avian Pathology* [online]. **38**(4), 317-320. Dostupné z: doi:10.1080/03079450903055405
- BÁRTOVÁ, E., a SEDLÁK, K. (2012). Toxoplasma gondii and Neospora caninum antibodies in goats in the Czech Republic. *Vet Med*, **57**(3), 111-114.
- BÁRTOVÁ, E., SEDLÁK, K. a LITERÁK, I. (2009). Toxoplasma gondii and Neospora caninum antibodies in sheep in the Czech Republic. *Veterinary Parasitology* [online]. **161**(1-2), 131-132. Dostupné z: doi:10.1016/j.vetpar.2008.12.022
- BORRÁZ-LEÓN, J. I., RANTALA, M. J., KRAMS, I. A., CERDA-MOLINA, A. L. a CONTRERAS-GARDUÑO, J. (2022). Are Toxoplasma -infected subjects more attractive, symmetrical, or healthier than non-infected ones? Evidence from subjective and objective measurements. *PeerJ* [online]. **10**. Dostupné z: doi:10.7717/peerj.13122
- BUFFOLANO, W., GILBERT, R. E., HOLLAND, F. J., FRATTA, D., PALUMBO, F. a ADES, A. E. (1996). Risk factors for recent toxoplasma infection in pregnant women in Naples. *Epidemiology and Infection* [online]. **116**(3), 347-351. Dostupné z: doi:10.1017/S0950268800052675
- DUBEY, J. P. (1998). Advances in the life cycle of Toxoplasma gondii. *International Journal for Parasitology* [online]. **28**(7), 1019-1024. ISSN 00207519. Dostupné z: doi:10.1016/S0020-7519(98)00023-X

- DUBEY, J. P. (2009). History of the discovery of the life cycle of *Toxoplasma gondii*. *International Journal for Parasitology* [online]. **39**(8), 877-882. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpara.2009.01.005
- EDELHOFER, R. a PROSSINGER, H. (2010). Infection with *Toxoplasma gondii* during Pregnancy: Seroepidemiological Studies in Austria. *Zoonoses and Public Health* [online]. **57**(1), 18-26. Dostupné z: doi:10.1111/j.1863-2378.2009.01279.x
- EVINIC, S. *Toxoplazmóza – představuje kočka opravdu riziko pro těhotné ženy?* [online]. (2017). Dostupné z: <https://www.metropolevet.cz/toxoplazmoza/>
- FERGUSON, D.J.P. (2009). Identification of faecal transmission of *Toxoplasma gondii*: Small science, large characters. *International Journal for Parasitology* [online]. **39**(8), 871-875. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpara.2009.01.003
- FLEGR, J. (2007). Effects of *Toxoplasma* on Human Behavior. *Schizophrenia Bulletin* [online]. **33**(3), 757-760 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: doi:10.1093/schbul/sbl074
- FLEGR, J., HRDÁ, Š. a KODYM, P. (2005). Influence of latent 'asymptomatic' toxoplasmosis on body weight of pregnant women. *Folia Parasitologica* [online]. **52**(9), 199-204. Dostupné z: <http://prfdec.natur.cuni.cz/flegr/pdf/tehvah.pdf>
- FLEGR, J. a KAŇKOVÁ, Š. (2020). The effects of toxoplasmosis on sex ratio at birth. *Early Human Development* [online]. **141**. Dostupné z: doi:10.1016/j.earlhumdev.2019.104874
- FLEGR, J., PRANDOTA, J., SOVIČKOVÁ, M., ISRAILI, Z. H. a FERNANDEZ-REYES, D. (2014). Toxoplasmosis – A Global Threat. Correlation of Latent Toxoplasmosis with Specific Disease Burden in a Set of 88 Countries. *PLoS ONE* [online]. **9**(3). Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0090203
- FLEGR, J. (2011). *Pozor, toxo!*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2022-2.
- FLEGR, J. (2016). *Všechno, co jste chtěli vědět o toxoplazmóze (ale báli jste se zeptat)* [online]. Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://toxoeu/>
- GAJEWSKI, P. D., FALKENSTEIN, M., HENGSTLER, J. G. a GOLKA, K. (2014). *Toxoplasma gondii* impairs memory in infected seniors. *Brain, Behavior, and Immunity* [online]. **36**, 193-199. Dostupné z: doi:10.1016/j.bbi.2013.11.019
- GALEH, T. M., GHAZVINI, H., MOHAMMADI, M., SARVI, S., AZIZI, S., ASGARIAN-OMRAN, H., HAJIZADEH, F. a DARYANI, A. (2023). Effects of diverse Types of *Toxoplasma gondii* on the outcome of Alzheimer's disease in the rat model. *Microbial Pathogenesis* [online]. **174**. Dostupné z: doi:10.1016/j.micpath.2022.105931
- GELENEKY, M. (2008). Toxoplazmóza v klinické praxi - hrozba, nebo mýtus?. *Medicina pro praxi* [online]. **5**(5), 203-204. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/med/2008/05/06.pdf>
- GELENEKY, M., PRÁŠIL, P. a KODYM, P. (2017). Doporučený postup pro diagnostiku a léčbu toxoplazmózy. *Nemocnice Jindřichův Hradec* [online]. Jindřichův Hradec: SIL.

Dostupné z:

https://www.nemjh.cz/documents/laboratorni_prirucka_olm/HVEZDAKACA.htm

HATAM-NAHAVANDI, K., CALERO-BERNAL, R., RAHIMI, M. T., PAGHEH, A. S., ZAREAN, M., DEZHAKAM, A. a AHMADPOUR, E. (2021). Toxoplasma gondii infection in domestic and wild felids as public health concerns: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports* [online]. **11**(1). Dostupné z: doi:10.1038/s41598-021-89031-8

HEJDUK, T. 2013. *Vliv latentní toxoplazmózy na paměť infikovaných jedinců*. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra filosofie a dějin přírodních věd.

HLAVÁČOVÁ, J., FLEGR, J., ŘEŽÁBEK, K., CALDA, P. a KAŇKOVÁ, Š. 2021. Association between latent toxoplasmosis and fertility parameters of men. *Andrology* [online]. **9**(3), 854-862. Dostupné z: doi:10.1111/andr.12969

HLAVÁČOVÁ, J., FLEGR, J., ŘEŽÁBEK, K., CALDA, P. a KAŇKOVÁ, Š. 2021. Male-to-Female Presumed Transmission of Toxoplasmosis Between Sexual Partners. *American Journal of Epidemiology* [online]. **190**(3), 386-392. Dostupné z: doi:10.1093/aje/kwaa198

HLAVÁČOVÁ, J. 2017. *Vliv latentní toxoplazmózy na plodnost člověka*. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra filosofie a dějin přírodních věd.

HOLUB, D. 2011. *Latentní toxoplazmóza jako rizikový faktor vzniku schizofrenie a modulátor jejího průběhu*. Hradec Králové. Dizertační práce. Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Psychiatrická klinika.

JUMAIAN, N. F. 2005. Seroprevalence and risk factors for Toxoplasma infection in pregnant women in Jordan. *Eastern Mediterranean Health Journal* [online]. **11**(1-2), 42-51. 1020-3397. Dostupné z: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/116916/11_1-2_2005_45_51.pdf?sequence=1&isAllowed=y

KAŇKOVÁ, Š. a FLEGR, J. 2007. Longer pregnancy and slower fetal development in women with latent "asymptomatic" toxoplasmosis. *BMC Infectious Diseases* [online]. **7**(1). Dostupné z: doi:10.1186/1471-2334-7-114

KAŇKOVÁ, Š., PROCHÁZKOVÁ, L., FLEGR, J., CALDA, P., SPRINGER, D., POTLUKOVÁ, E. a SULLIVAN, D. J. 2014. Effects of Latent Toxoplasmosis on Autoimmune Thyroid Diseases in Pregnancy. *PLoS ONE* [online]. **9**(10). Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0110878

KAŇKOVÁ, Š., ŠULC, J., NOUZOVÁ, K., FAJFRLÍK, K., FRYNTA, D. a FLEGR, J. 2007. Women infected with parasite Toxoplasma have more sons. *Naturwissenschaften* [online]. **94**(2), 122-127. Dostupné z: doi:10.1007/s00114-006-0166-2

KEPKOVÁ, M. 2022. *Toxoplazmóza u těhotných žen a metody její laboratorní diagnostiky*. Kladno. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.

LINDOVÁ, J., NOVOTNÁ, M., HAVLÍČEK, J., JOZÍFKOVÁ, E., SKALLOVÁ, A., KOLBEKOVÁ, P., HODNÝ, Z., KODYM, P. A FLEGR, J. 2006. Gender differences in

behavioural changes induced by latent toxoplasmosis. *International Journal for Parasitology* [online]. **36**(14), 1485-1492. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpara.2006.07.008

LIU, Q., WEI, F., GAO, S., JIANG, L., LIAN, H., YUAN, B., YUAN, Z., XIA, Z., LIU, B., XU, X. a ZHU, X. 2009. Toxoplasma gondii infection in pregnant women in China. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* [online]. **103**(2), 162-166. Dostupné z: doi:10.1016/j.trstmh.2008.07.008

LOVAŠOVÁ, P. (2019). *Toxoplasma gondii*. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova.

MACHALA, L., KODYM, P. a ČERNÝ, R. (2005). Toxoplazmóza. *Interní medicína pro praxi* [online]. **7**(3), 120-122. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2005/03/03.pdf>

MENDY, A., VIEIRA, E. R., ALBATINEH, A. N. a GASANA, J. (2015). Immediate rather than delayed memory impairment in older adults with latent toxoplasmosis. *Brain, Behavior, and Immunity* [online]. **45**, 36-40. Dostupné z: doi:10.1016/j.bbi.2014.12.006

MONTAZERI, M., MIKAEILI GALEH, T., MOOSAZADEH, M., SARVI, S., DODANGEH, S., JAVIDNIA, J., SHARIF, M. a DARYANI, A. (2020). The global serological prevalence of Toxoplasma gondii in felids during the last five decades (1967–2017): a systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors* [online]. **13**(1). Dostupné z: doi:10.1186/s13071-020-3954-1

PEREIRA, K. S., FRANCO, R. M. B. a LEAL, D. A. G. (2010). Transmission of Toxoplasmosis (Toxoplasma gondii) by Foods. *Advances in Food and Nutrition research* [online]. Elsevier. **60**, 1-19. Advances in Food and Nutrition Research. Dostupné z: doi:10.1016/S1043-4526(10)60001-0

PEYROUX, E., PROST, Z., DANSET-ALEXANDRE, Ch., BRENUGAT-HERNE, L., CARTEAU-MARTIN, I., GAUDEUS, B., JANTAC, C., ATTALI, D., AMADO, I., GRAUX, J., HOUY-DURAND, E., PLASSE J. a FRANCK, N. (2019). From “under” to “over” social cognition in schizophrenia: Is there distinct profiles of impairments according to negative and positive symptoms?. *Schizophrenia Research: Cognition* [online]. **15**, 21-29. Dostupné z: doi:10.1016/j.scog.2018.10.001

PEŘINOVÁ, A. (2013). *Toxoplasma gondii*. Hradec Králové. Bakalářská práce. Univerzita Karlova.

PRÁŠIL, P. (2009). Současné možnosti diagnostiky a terapie toxoplazmózy u HIV negativních pacientů. *Klinická mikrobiologie a infekční lékařství* [online]. **15**(3), 83-90. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Petr-Prasil/publication/267205488_Soucasne_moznosti_diagnostiky_a_terapie_toxoplazmozy_u_HIV_negativnich_pacientu/links/568a536f08ae1975839d772c/Soucasne-moznosti-diagnostiky-a-terapie-toxoplazmozy-u-HIV-negativnich-pacientu.pdf

RAČKA, K., BÁRTOVÁ, E., BUDÍKOVÁ, M. a VODRÁŽKA, P. (2015). Survey of Toxoplasma gondii antibodies in meat juice of wild boar (*Sus scrofa*) in several districts of the Czech Republic. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* [online]. **22**(2), 231-235. Dostupné z: doi:10.5604/12321966.1152071

- ROBINSON, E., DE VALK, H., VILLENA, I., LE STRAT, Y. a TOURDJMAN, M. (2021). National perinatal survey demonstrates a decreasing seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection among pregnant women in France, 1995 to 2016: impact for screening policy. *Eurosurveillance* [online]. **26**(5). Dostupné z: doi:10.2807/1560-7917.ES.2021.26.5.1900710
- SADEGI HARIRI, S., HEIDARI, Z., HABIBZADEH, S. a SHAHBAZZADEGAN, S. (2023). Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* among Pregnant Women in Ardabil, Iran (2021-2022). *Iranian Journal of Parasitology* [online]. **18**(1), 93-99. Dostupné z: doi:10.18502/ijpa.v18i1.12385
- SALMAN, Y. J. (2014). Correlation between *Toxoplasma gondii* and anti-Mullerian hormone levels in sera of women in Kirkuk City using ELISA method. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* [online]. **3**(10), 85-92. 2319-7706. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Yahya-Salman/publication/322520063_Original_Research_Article_Correlation_between_Toxoplasma_gondii_and_Anti-Mullerian_Hormone_Levels_in_Sera_of_Women_In_Kirkuk_City_Using_ELISA_Method/links/5a5dd2fb0f7e9b4f783a93ea/Original-Research-Article-Correlation-between-Toxoplasma-gondii-and-Anti-Mullerian-Hormone-Levels-in-Sera-of-Women-In-Kirkuk-City-Using-ELISA-Method.pdf
- SCHROEDER, H. W. a CAVACINI, L. (2010). Structure and function of immunoglobulins. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [online]. **125**(2), S41-S52. Dostupné z: doi:10.1016/j.jaci.2009.09.046
- SEDLÁK, K. a BÁRTOVÁ, E. (2006). The prevalence of *Toxoplasma gondii* IgM and IgG antibodies in dogs and cats from the Czech Republic. *Veterinární medicína* [online]. **51**(12), 555-558. Dostupné z: <https://www.old-aj.cz/publicFiles/61218.pdf>
- SLANY, M., RESLOVA, N., BABAK, V. a LORENCOVA, A. (2016). Molecular characterization of *Toxoplasma gondii* in pork meat from different production systems in the Czech Republic. *International Journal of Food Microbiology* [online]. **238**, 252-255. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.020
- SLANY, M., DZIEDZINSKA, R., BABAK, V., KRALIK, P., MORAVKOVA, M. a SLANA, I. (2019). *Toxoplasma gondii* in vegetables from fields and farm storage facilities in the Czech Republic. *FEMS Microbiology Letters* [online]. **366**(14). Dostupné z: doi:10.1093/femsle/fnz170
- TONG, W. H., HLAVÁČOVÁ, J., ABDULAI-SAIKU, S., KAŇKOVÁ, Š., FLEGR, J. a VYAS, A. (2023). Presence of *Toxoplasma gondii* tissue cysts in human semen: Toxoplasmosis as a potential sexually transmissible infection. *Journal of Infection* [online]. **86**(1), 60-65. Dostupné z: doi:10.1016/j.jinf.2022.10.034
- VUEBA, A. N., FARIA, C. P., ALMENDRA, R., SANTANA, P., SOUSA M. d. C. a CALDERARO, A. (2020). Serological prevalence of toxoplasmosis in pregnant women in Luanda (Angola): Geospatial distribution and its association with socio-demographic and clinical-obstetric determinants. *PLOS ONE* [online]. **15**(11). Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0241908

WEBSTER, J. P., LAMBERTON, P. H. L., DONNELLY, C. A. a TORREY E. F. (2006). Parasites as causative agents of human affective disorders? The impact of anti-psychotic, mood-stabilizer and anti-parasite medication on *Toxoplasma gondii* 's ability to alter host behaviour. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **273**(1589), 1023-1030. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2005.3413

WEBSTER, J. P. (2001). Rats, cats, people and parasites: the impact of latent toxoplasmosis on behaviour. *Microbes and Infection* [online]. **3**(12), 1037-1045 [cit. 2023-05-01]. ISSN 12864579. S1286457901014599/REV. Dostupné z: doi:10.1016/S1286-4579(01)01459-9

YAGMUR, Fatih, Suleyman YAZAR, Hanife Ozcan TEMEL a Mustafa CAVUSOGLU. May *Toxoplasma gondii* increase suicide attempt-preliminary results in Turkish subjects?. *Forensic Science International* [online]. 2010, **199**(1-3), 15-17. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2010.02.020

YOLKEN, R. H., DICKERSON, F. B. a TORREY, E. F. (2009). *Toxoplasma* and schizophrenia. *Parasite Immunology* [online]. **31**(11), 706-715. 1365-3024. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3024.2009.01131.x>