

Univerzita Karlova

Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jednobuněční paraziti ve výuce na gymnáziu

Unicellular Parasites in Grammar School Teaching

Petra Bumberová

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na
vzdělávání — Chemie se zaměřením na vzdělávání

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Jednobuněční paraziti ve výuce na gymnáziu potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha, 17. 4. 2023

Petra Bumberová

Tímto bych velmi ráda poděkovala své vedoucí práce Mgr. Dagmar Říhové, Ph.D. za čas, trpělivost a veškerou pomoc při zpracování bakalářské práce. Děkuji své rodině, partnerovi Adamovi a přátelům za podporu během celého bakalářského studia. V neposlední řadě patří poděkování učitelům z Gymnázia Jiřího z Poděbrad, kteří mi umožnili realizovat výzkum, jenž je součástí práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o výuce parazitických jednobuněčných organismů na gymnáziu. Ze skupiny jednobuněčných parazitů byli vybráni zástupci rodu *Trypanosoma*, *Leishmania* a *Plasmodium*, dále *Naegleria fowleri*, *Lambliia intestinalis* a *Entamoeba histolytica*, neboť se jedná o jedny z nejčastěji se vyskytujících prvoků způsobující zdravotní potíže u lidské populace. Informace o jmenovaných organismech rozebírá teoretická část. Praktickou částí je případová studie, jež analyzuje pomocí rozhovoru přístup k výuce prvoků na vybrané instituci (Gymnázium Jiřího z Poděbrad v Poděbradech), přičemž byl kladen důraz zejména na zmíněné jednobuněčné parazity. Během rozhovoru respondentům byly kladeny otázky týkající se jejich studia, praxe a současné výuky biologie. Následně byl s respondenty rozebrán jejich postoj k výuce vybraného tématu. Sestavené otázky řešily mj. zdali vyučující řečené prvoky vyučují, kolik času tématu věnují, jaké výukové materiály využívají, a jestli je toto biologické téma dle jejich názoru podstatné. Vyhodnocením výsledků dotazníkového šetření analýza poukazuje na fakt, že pro všechny respondenty je téma jednobuněčných parazitů důležité právě z hlediska dopadu na lidské zdraví. Dále z rozhovorů plyne, že všichni výše řečení zástupci jsou žákům a žákyním představeni pouze v rámci biologického semináře, který slouží k rozšíření získaných znalostí a přípravě na maturitní zkoušku. Výsledky také ukázaly, že přístup pedagoga k výuce je značně ovlivněn jeho vysokoškolskou výukou, kdy komparace jednotlivých pedagogů jasně demonstrovala tento trend.

KLÍČOVÁ SLOVA

jednobuněční paraziti, výuka na gymnáziu, případová studie

ABSTRACT

The thesis analyses the grammar-school teaching of parasitic unicellular organisms in the science classes. The analysis focuses on the species responsible for health problems in the human population, which include genus *Trypanosoma*, *Leishmania* and *Plasmodium*, then *Naegleria fowleri*, *Lambliia intestinalis* and *Entamoeba histolytica*. The theoretical part of the thesis describes the species and highlights their importance as a threat for human health. The practical part of the thesis is a case study that analyses, using an interview, an approach to teaching protozoa at a selected institution (Gymnázium Jiřího z Poděbrad in Poděbrady), where emphasis was placed on the aforementioned unicellular parasites. During the interview respondents were asked questions about their studies, practice and their current teaching of biology. Subsequently, the attitude of the respondents to the analysed topic was discussed. The questionnaire addressed, among other things, whether the teachers teach the analysed protozoa, how much time they spend on the topic, what teaching materials they use, and whether they consider this biological topic to be relevant. The analysis points to the fact that for all respondents the topic of unicellular parasites is important due to its impact on human health. Furthermore, the interviews show that all of the above-mentioned representatives are only introduced to the pupils in the context of the biological seminar, which serves to expand the knowledge acquired and to prepare for the final exam. The results also showed that the teacher's approach to teaching is greatly influenced by the type of university they attended, with comparisons of individual teachers clearly demonstrating this trend.

KEYWORDS

unicellular parasites, grammar school teaching, a case study

Obsah

1	Úvod	6
2	Teoretická část	7
2.1	Rod <i>Trypanosoma</i>	7
2.2	Rod <i>Leishmania</i>	18
2.3	Rod <i>Plasmodium</i>	24
2.4	<i>Naegleria fowleri</i>	31
2.5	<i>Giardia intestinalis</i> (lamblie střevní).....	36
2.6	<i>Entamoeba histolytica</i> (měňavka úplavičná)	43
3	Praktická část	50
3.1	Metodologie výzkumu	50
3.1.1	Hypotézy a cíl práce	50
3.1.2	Sběr a zpracování dat.....	50
3.1.3	Analýza získaných informací	53
3.2	Výsledky	54
4	Diskuse	63
5	Závěr.....	66
6	Seznam použitých informačních zdrojů	67
7	Seznam příloh.....	79

1 Úvod

Poměrně aktuálním tématem v oblasti výuky přírodních věd, jež zahrnují mj. také biologii, je množství témat a učiva, které je nutné dle osnov žákům a studentům předat. Jelikož se každým dnem lidé posouvají vpřed ve vědění a poznávání našeho světa, lze vnímat, že objem informací stále roste a vede tak k diskusi, do jaké míry se tématům věnovat, a na jakých stupních a v jakých ročnících s nimi žáky a studenty seznamovat.

Právě proto, že díky novým objevům (např. v oblasti genetiky) diversifikace jednotlivých skupin organismů narůstá, je dost možné, že někteří současní učitelé biologie se během svého vysokoškolského studia nesetkali s výukou prvoků (protist), nebo se tohoto tématu dotkli zcela okrajově. Dnes již máme vysokoškolské kurzy zaměřené výhradně na jednobuněčné organismy, kde jim je věnována veškerá pozornost, zároveň jsou s touto skupinou seznamováni žáci jak základních škol, tak středních škol a gymnázií.

Tato fakta vedou k zamyšlení a dalším otázkám – jak téma prvoků vyučující dovedou během svých vyučovacích hodin uchopit, do jaké míry jsou schopni se učivu věnovat, které informace se snaží předat, jaké výukové materiály mají k dispozici a podobně.

Cílem bakalářské práce je seznámení čtenáře s problematikou jednobuněčných parazitů, přičemž praktická část zkoumá subjektivní přístup a pohled na výuku tématu prvoci učitelů Gymnázia Jiřího z Poděbrad.

Teoretická část této bakalářské práce se věnuje relativně populárnímu tématu parazitických prvoků, mezi něž řadíme rod *Trypanosoma*, rod *Leishmania*, rod *Plasmodium* a zástupce *Naegleria fowleri*, *Lambliia intestinalis* a *Entamoeba histolytica*. V této části uvádím základní charakteristiku a buněčnou stavbu každého ze jmenovaných zástupců, jejich životní cyklus, rizika a řešení nálezů jimi způsobenými a zajímavosti v oblasti statistických údajů o zaznamenaných infekcích v lidské populaci.

Pro praktickou část byla provedena případová studie na Gymnáziu Jiřího z Poděbrad. Na základě pořádaných rozhovorů se čtyřmi vyučujícími biologie z uvedeného gymnázia, s nimiž byl rozebrán jejich subjektivní pohled na výuku (parazitických) prvoků, byla provedena komparativní analýza různých postojů vyučujících v rámci jedné instituce.

2 Teoretická část

Teoretická část práce se zabývá parazitickými prvky rodu *Trypanosoma*, *Leishmania* a *Plasmodium*, dále zástupci *Naegleria fowleri*, *Lambliia intestinalis* a *Entamoeba histolytica*. V následujících kapitolách je rozebrána jejich buněčná stavba, životní cyklus, problematika nákazy zmíněnými zástupci a statistické údaje o zaznamenaných případech.

2.1 Rod *Trypanosoma*

Rozdělení skupiny trypanozom shledáváme v literatuře na základě oblasti, v níž se konkrétní druhy vyskytují. Proto můžeme hovořit o trypanozomách nacházejících se v Africe, tedy tzv. afrických trypanozomách, a trypanozomách, které nalézáme na americkém kontinentu, tzv. americké trypanozomy. Pro trypanozomy byla však také vytvořena dvě systematická oddělení. Do oddělení nesoucí název Salivaria řadíme africké trypanozomy, jež se vyznačují v životním cyklu tím, že infikují člověka slinami bezobratlého přenašeče při bodnutí, neboť se infekční stádia prvků nacházejí v jeho slinných žlázách. Naproti tomu oddělení Stercoraria je typické tím, že se prvek dostává až na konec trávicího traktu hmyzího hostitele, z něhož je přenesen na savčího mezihostitele pomocí výkalů obsahující infekční stádia jednobuněčného parazita (Jíra, 2009; Baral, 2010).

Charakteristika a buněčná stavba

Typická pro buňku trypanozom je přítomnost tzv. kinetoplastu, což řadí trypanozomy společně s ničivkami do třídy Kinetoplastidea. Kinetoplast nelze přímo považovat za organelu. Tvoří ho specificky uspořádaná kruhová DNA odvozená od DNA jediné přítomné mitochondrie. Tato DNA nese označení kDNA (Hausmann a Hülsmann, 2003). Kinetoplast se skládá z tzv. maxikroužků a minikroužků, přičemž každá z těchto struktur má odlišnou funkci (Liu et al., 2005). Maxikroužky jsou zodpovědně za fungování metabolismů stejně jako původní mitochondriální DNA. Minikroužky nesou genetickou informaci pro tvorbu tzv. guide RNA (gRNA), která se podílí na posttranskripčních úpravách DNA (Lukeš et al., 2002). Popsaný komplex kDNA trypanozomám zajišťuje resistenci vůči působení imunitních odpovědí hostitelského organismu, ke kterým dochází během infekce v hostiteli. DNA prvoka, kódovaná maxikroužky, je totiž poškozená a primární transkript nelze přeložit

do proteinu. Proto je pomocí gRNA opravena a následně probíhá translace (Schamber-Reis et al., 2012).

Buňka trypanozom je jednojaderná. Jádro je pokryto porézní membránou. Pro epimastigoty (viz str. 11) je charakteristická přítomnost roztroušeného kondenzovaného chromatinu v nukleoplazmě a jádru (de Souza, 2009). Chromatin představuje komplex DNA a bílkovin (Wolffe, 1998).

Dále uvnitř buňky lze sledovat početné glykozomy. V glykozomech probíhají metabolické procesy, jimiž jsou glykolýza (rozklad glukózy) a glukoneogeneze (tvorba glukózy). Uvnitř glykozomů bylo detekováno vysoké množství enzymů, které se podílejí nejen na zmíněných metabolismech, ale také na významném metabolickém ději pro zástupce příslušné do třídy Kinetoplastida, kterým je syntéza lipidů zvaných steroly – ergosterol a další steroly s uhlíkatým řetězcem obsahující 24 uhlíků a methylovou skupinu. Zmíněné chemické látky nejsou přítomny v savčích buňkách, proto si je tyto mikroorganismy syntetizují sami, neboť jsou klíčové k jejich přežití (Quiñones et al., 2020).

Přítomna je kontraktilní (stažitelná) vakuola účastnící se osmoregulace buňky. Stejně jako u ostatních eukaryot, i zde se nacházejí organely zodpovědné za zpracování, ukládání a transport látek v buňce – endoplazmatické retikulum a Golgiho aparát (de Souza, 2009). Zásobní látky (bílkoviny a lipidy) uchovávají rezervozomy (Jíra, 2009). Buňku drží pohromadě cytoskelet tvořený mikrotubuly (de Souza, 2009).

Na povrchu cytoplazmatické membrány trypanozom se nachází glykokalyx, který buňku parazita chrání před vnějšími vlivy, které nastávají zejména při změně prostředí, a před imunitní reakcí těla hostitele. Glykokalyx je tvořen mucinem, glykoproteiny a dalšími látkami (de Souza, 2009; Malvy a Chappuis, 2011).

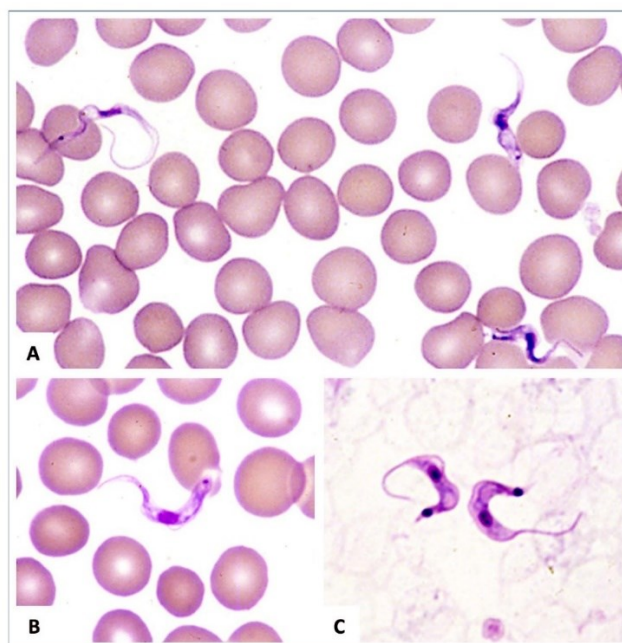
Trypanozomy se parazitickému způsobu života dovedly během svého fylogenetického vývoje přizpůsobit vytvořením obranného mechanismu v podobně takzvaného variabilního povrchového glykoproteinu. Struktura povrchu buňky se mění v závislosti na prostředí, tedy když se parazit dostane společně s krví člověka (či jiného savce) do ústního ústrojí krevsajícího bezobratlého a naopak. Celý mechanismus regulují specifické úseky DNA (Roditi et al., 1989).

Epimastigotní a amastigotní (viz str. 11) forma vykazují přítomnost cytostomu (buněčná ústa). Buněčná ústa vznikla invaginací cytoplazmatické membrány. Hlouběji v buňce se cytostom zužuje v cytofarynx (Jíra, 2009; de Souza, 2009).

K pohybu těchto parazitů slouží pouze jeden bičík, který je spojen s povrchem buňky. Takto modifikovaný bičík nazýváme undulující membránou, která prvokovi napomáhá ke snadnému pohybu v krvi hostitele. Druhý bičík je redukován v bazální tělísko, tzv. kinetosom (Hausmann a Hülsmann, 2003).

Dle vzájemné pozice kinetosomu, kinetoplastu a flagelární kapsy rozlišujeme několik forem, které se střídají během životního cyklu trypanozomy. U amastigotů není bičík pod světelným mikroskopem patrný, jelikož nevyčnívá z flagelární kapsy. Oproti tomu trypomastigot má bičík zcela jasně vidět v podobě zmíněné undulující membrány. V porovnání s formou epimastigota vychází bičík trypomastigota ze zadní části buňky, zatímco u epimastigota veprostřed. Sfěromastigot má krátký bičík vyčnívající z buňky (Hausmann a Hülsmann, 2003).

Mezi africké trypanozomy patří *Trypanosoma brucei*, pro níž byly rozlišeny poddruhy – *T. b. brucei*, *T. b. rhodesiense* (viz obr. 1 A), *T. b. gambiense* (viz obr. 1 B), *T. b. equiperdum* a *T. b. evansi*. Trypanozoma vyskytující se na americkém kontinentu se nazývá *T. cruzi* (viz obr. 1 C).



Obrázek 1 A - *T. b. rhodesiense*; B - *T. b. gambiense*; C - *T. cruzi* (převzato z práce Malfitano a Invernizzi, 2021)

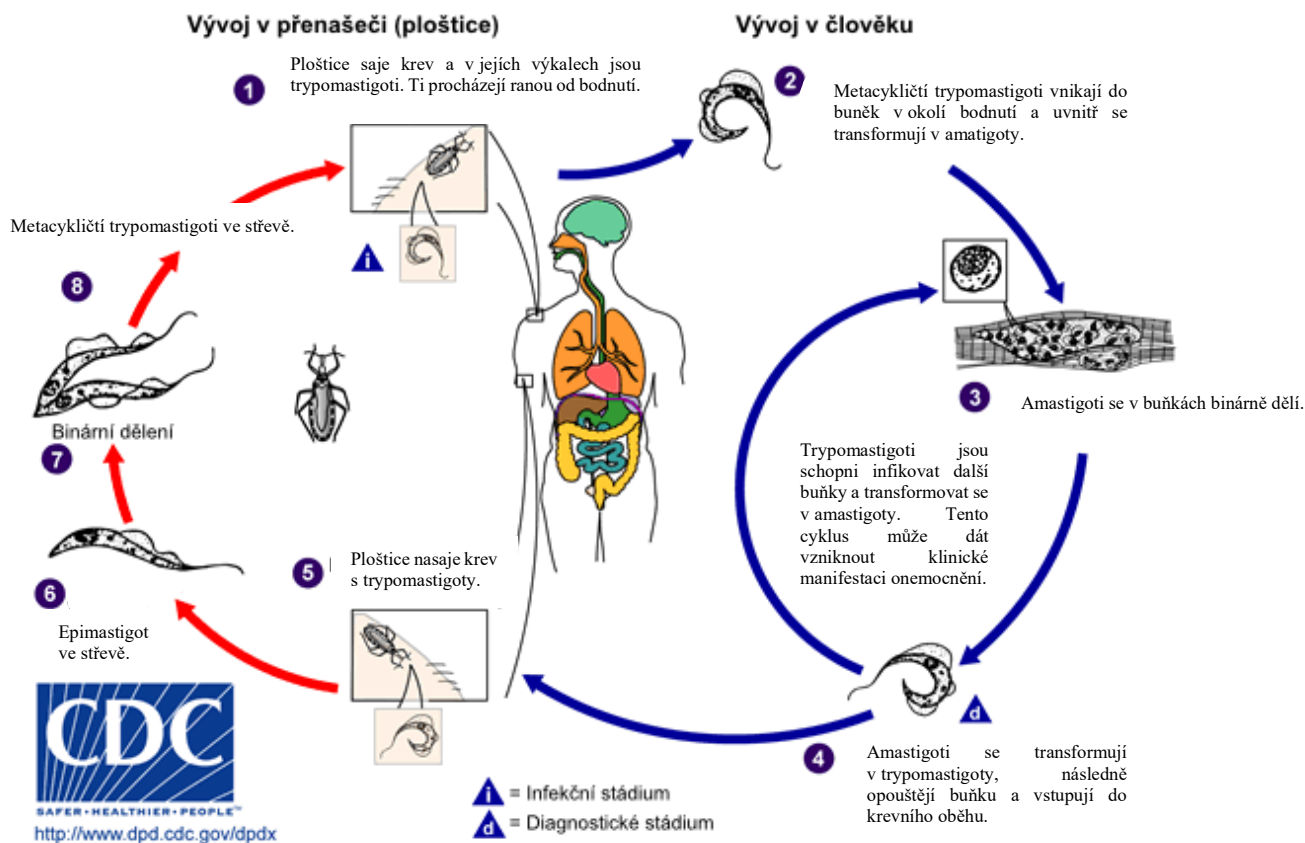
Životní cyklus – *Trypanosoma cruzi*

Trypanozomy jsou heterogenetické, neboť se během životního cyklu nenacházejí pouze v jednom hostiteli (Hausmann a Hülsmann, 2003). Životní cyklus *Trypanosoma cruzi* představuje složitý sled několika přeměn tohoto parazitického prvoka (viz obr. 3). *T. cruzi* během svého životního cyklu střídá dva hostitele, jimiž je bezobratlý živočich, patřící do řádu ploštic z čeledi zákeřnicovitých (rody *Triatoma* a *Rhodnius* – viz obrázek 2), a člověk, případně některá divoká zvířata, mezi nimiž jsou uváděni např. vačnatci, někteří letouni a šelmy, ale také hlodavci (Tyler et al., 2003; Jíra, 2009).



Obrázek 2 Ploštice *Triatoma sanguisuga* (foto Alexander Wild, nedatováno; upraveno)

Zákeřnice během noci sají krev svým bodavě-sacím ústním ústrojím. Přenos trypanozomy neprobíhá však přes sliny sajícího hmyzu, nýbrž přes výkaly, které po sobě vedle místa inokulace (vpichu) zanechává. Bodnutí zákeřnice hostitele nepříjemně svědí, proto je donucen se škrábat, čímž transportuje parazita ve výkalech do otevřené ranky. Formu trypanozomy nacházející se ve výkalech hmyzího hostitele označujeme jako formu trypomastigotní. Trypanozoma je zavlečena do vnitřního prostředí těla, kde je přenesena krevním řečištěm do cílových buněk. Napadá buňky srdeční tkáně, svalové tkáně, mízního systému atd. Trypomastigotní forma uvnitř buněk v cytosolu prochází přeměnou ve formu amastigotní. Amastigotní forma započne buněčné dělení. Vzniká tak velký počet parazitických buněk, které způsobí lýzi hostitelské buňky, a následně postihují další hostitelské buňky cílových tkání. Před lýzí buňky však musí opět dojít k přeměně amastigotů na trypomastigoty, kteří jsou schopni pohybu. Pokud na obratlovčím hostiteli opět parazituje jiný jedinec skupiny zákeřnicovitých, kteří se živí sáním krve, jsou do jeho těla přeneseni trypomastigoti. Trypomastigotní forma se v trávicím traktu bezobratlého hostitele přeměňuje a dozrává v epimastigoty, kteří se pak následně ve středním střevě podélně dělí. V zadní části střeva se epimastigoti přeměňují na infekční trypomastigoty, kterými plošnice nakazí další obratlovčí hostitele (Tyler et al., 2003; Salassa a Romano, 2019).



Obrázek 3 Životní cyklus – *Trypanosoma cruzi* (Životní cyklus *T. cruzi*, 2011; upraveno)

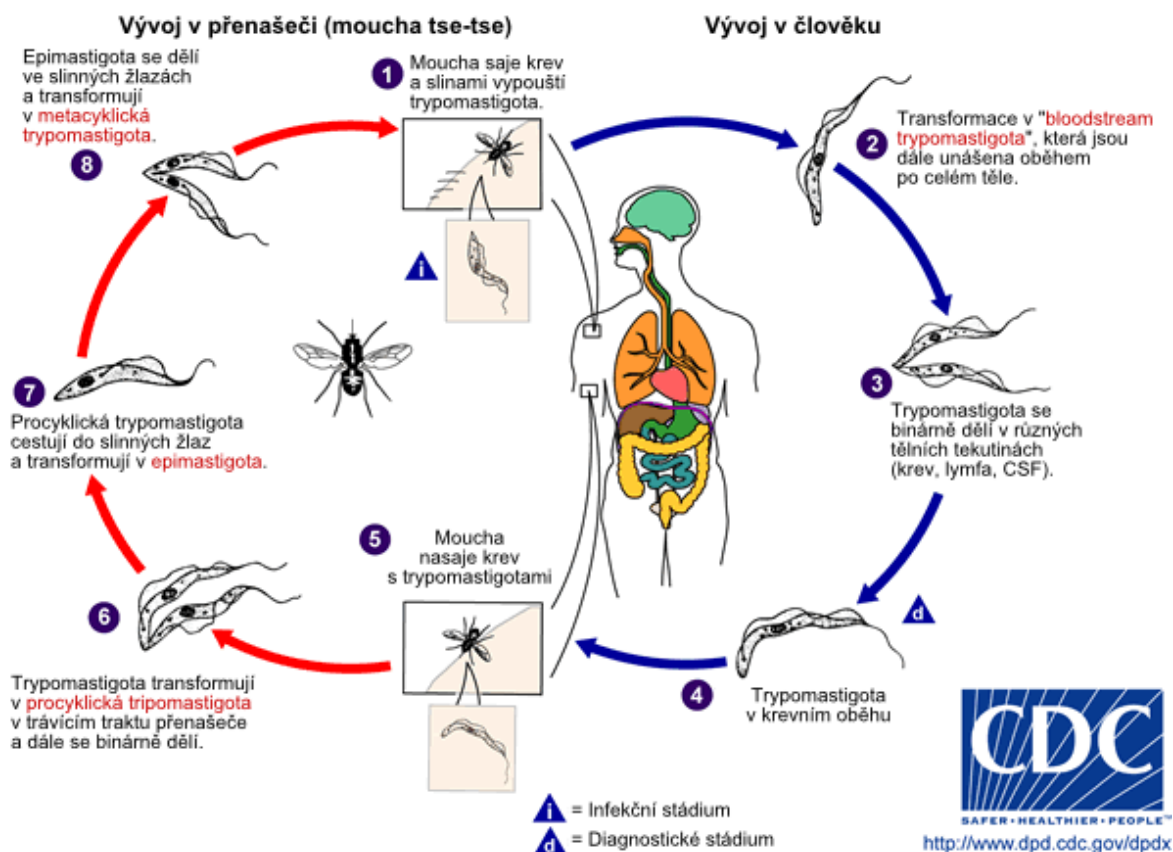
Životní cyklus – *Trypanosoma b. gambiense* a *Trypanosoma b. rhodesiense*

Přenašečem *T. b. gambiense* a *T. b. rhodesiense* je dvoukřídlý hmyz rodu *Glossina*, též známý pod názvem „moucha tse-tse“, nebo pod český označením bodalka (viz obr. 4). Jelikož se jedná o trypanozomy přenášené slinami hmyzího přenašeče, který sají krev savčího hostitele, patří tyto trypanozomy do oddělení Salivaria. U obou poddruhů probíhá životní cyklus (viz obr. 5) obdobně.



Obrázek 4 Moucha tse-tse (převzato z práce Lukeše, 2010)

Moucha tse-tse sající krev člověka, či jiného savčího hostitele, přeneše trypanozomy svým ústním ústrojím. Tyto trypanozomy nazýváme jako metacyklické trypomastigoty. Metacykličtí trypomastigoti jsou schopni pohybu, jelikož mají vyvinutý pohybový aparát (undulující membrána). Pohybují se skrz krevní řečiště a lymfatický systém, přičemž se v těchto tělních tekutinách několikrát dělí podélným binárním dělením. Pokud opět dojde ke kontaktu s mouchou tse-tse, která saje krev, dostanou se s krví do těla mouchy, kde se již transformují v procyklické trypomastigoty, kteří se znovu podélně dělí ve středním střevě. Ve středním střevě se procykličtí trypomastigoti přeměňují v epimastigoty, kteří se nakonec množí ve slinných žlázách a mění se opět na počáteční infekční stádium, tedy metacyklické trypomastigoty (Parasites – African trypanosomiasis, 2020A). Vývoj trypanozom v těle hmyzího hostitele trvá 20–30 dní (Fenn a Matthews, 2007).



Obrázek 5 Životní cyklus – *Trypanosoma b. rhodesiense* (Životní cyklus trypanozóm přenašečích spavou nemoc, 2011)

Infekce, diagnóza, léčba, prevence

První zmínky o spavé nemoci pocházejí již z 15. století, samotný parazit byl pozorován až v 19. století. Velmi podobě probíhalo objasnění tzv. Chagasovy choroby, kterou způsobuje naopak americká *Trypanosoma cruzi* (Jíra, 2009).

Onemocnění způsobená trypanozomami se obecně označují jako trypanozomiázy. Americká trypanozoma *T. cruzi* představuje původce Chagasovy choroby, jenž objevil Carlos Ribeiro Justiniano Chagas začátkem 20. století. Následně ve 30. letech 20. století byl podrobně popsán průběh onemocnění a dopady nákazy na lidský organismus (Martín-Escolano et al., 2022).

Po patologické stránce se přítomnost prvoků tohoto rodu v hostitelském těle projevuje tvorbou toxických látek, nikoliv čerpání živin z hostitelova těla (Hausmann a Hülsmann, 2003).

Chagasova choroba může mít dvě podoby – akutní a chronickou. Do uplynutí inkubační doby, trvající přibližně tři týdny, se u akutní formy zdají být první příznaky nepatrné. Následně se však onemocnění začne projevovat vysokým množstvím parazitů v krvi a tělo reaguje podobě jako při jiných infekcích. Pacient trpí horečkami, bolestmi hlavy, gastrointestinálními obtížemi. V závažnějších případech je onemocnění doprovázeno zánětem srdečního svalu či zánětem mozku. V místě vpichu po zákeřnici se objevuje rozšiřující se léze (Machado et al., 2012; Martín-Escolano et al., 2022). Až 30 % případů pak přejde do chronické formy, při níž dochází k trvalému poškození buněk v důsledku zánětlivé reakce imunitního systému (Martín-Escolano et al., 2022). Chronická forma se však u velkého množství pacientů neprojevuje patrnými příznaky, proto hrozí nebezpečí nevědomého přenosu na další jedince např. transplantací orgánů či transfúzí krve. Tento přenos může být uskutečněn také z matky na dítě během těhotenství, tento typ přenosu nazýváme kongenitální (Machado et al., 2012).

Diagnózu lze provádět PCR (polymerázová řetězová reakce) testy, kterých se mj. využívá i ke zmapování epidemiologické situace v přírodních podmínkách, kde se PCR testy prokazuje přítomnost kDNA ve výkalech zákeřnic. PCR poslouží k diagnóze chronické i kongenitální trypanozomiázy. Další metodou k diagnostice Chagasovy choroby je krevní

odběr, který se analyzuje a vyhodnotí pomocí mikroskopu. Tohoto postupu se využívá při akutní formě. V některých případech se uplatňuje sérologické vyšetření (Jíra, 2009). Během akutní formy se trypanostigoti vyskytují mimo krev také v mozkomíšním moku (Machado et al., 2012).

Při léčbě akutní fáze je pacientům podáván benznidazol ve dvou dávkách denně. Léčba tímto medikamentem trvá dva měsíce. Lék je vhodný pro děti, dospělé i těhotné matky, které ho však mohou užívat až po skončení prvního trimestru těhotenství. Pro chronicky nemocné pacienty je tato léčba doporučena pouze jako prevence, aby se zabránilo reaktivace množení trypanozom. Někteří pacienti jsou v důsledku trvalého poškození buněk podrobeni transplantaci orgánů (Jíra, 2009).

Důležitým preventivním opatřením je zejména snižování počtu vektorů nákazy, tedy hubení hmyzích přenašečů pomocí insekticidů. Dalším krokem ke zlepšení situace je informovanost cestovatelů do částí světa s epidemiologicky významným výskytem tohoto parazita a pečlivé dodržování hygienických zásad vedoucích k ochraně před vektory nákazy (Jíra, 2009).

Spavou nemoc způsobují africké trypanozomy *T. b. gambiense* a *T. b. rhodesiense*. Zásadní rozdíl spočívá v délce trvání infekce a druhu hmyzího přenašeče. *T. b. gambiense* způsobuje chronickou formu onemocnění (gambijská forma). Gambijská forma se rozšiřuje v oblasti centrální a západní Afriky. Přenašeči jsou říční glosiny ze skupiny *palpalis*, které se drží ve vlhkém prostředí zahrnující tropické pralesy a břehy sladkovodních ploch (Jíra, 2009; Mehlitz a Molyneux, 2019). *T. b. rhodesiense* přenáší savanové glosiny patřící do skupiny *morsitans*. Jedná se suchomilné glosiny žijící v savanách s malým množstvím porostu. *T. b. rhodesiense* zodpovídá za akutní formu spavé nemoci, kterou jinak nazýváme jako rhodéskou. Rhodéská forma je rozšířena ve východní a jižní Africe (Jíra, 2009; Mehlitz a Molyneux, 2019).

Chronická forma spavé nemoci trvá přibližně tři roky, zatímco akutní forma trvá několik měsíců, přičemž onemocnění končí smrtí (Malvy a Chappuis, 2011).

Po bodnutí glosinou se do pár dnů objeví bolestivý zánětlivý otok, který je častější pro rhodéskou formu nemoci. U akutní rhodéské formy se první příznaky projeví jako horečka, bolesti hlavy, léze na kůži aj. (Malvy a Chappuis, 2011). Další fází je hematolymfatická fáze.

Trypanozomy se nacházejí v krevním řečišti a mízních cestách. Projevuje se tzv. *Winterbottomův příznak* – mízní uzliny jsou snadno hmatatelné, neboť jsou značně zvětšené a pohyblivé, pacienta však na dotek nebolí (Jíra, 2009; Malvy a Chappuis, 2011). Nakonec se trypanozomy přemísťují do centrálního nervového systému – tuto fázi nazýváme jako meningoencefalitická. Pacient v této fázi onemocnění trpí poruchami spánku, které nakonec končí kómatem. Během vývoje onemocnění narůstá u pacienta množství psychiatrických obtíží, které nakonec končí demencí. Zajímavostí je zvyšující se intenzita původních reflexů (např. sací reflex). Postižen je také endokrinní systém, který podléhá hypofunkci (snížená tvorba hormonů) či hyperfunkci (zvýšená tvorba hormonů). Tyto disfunkce zasahují nadledviny a štítnou žlázu (Malvy a Chappuis, 2011).

Diagnóza spavé nemoci je poměrně složitá, neboť příznaky mohou lékaře zavést k jiným onemocněním projevujícím se velmi podobně. Trypanozomy lze detekovat v krvi, lymfě a mozkomíšním moku. Detekce *T. b. rhodesiense* z roztěrů krve je lépe využitelná nežli pro odhalení nákazy *T. b. gambiense*, jelikož pacient trpí vysokou parazitémií. Parazita lze tedy snadno odhalit. *T. b. gambiense* lze prokázat z lymfatických uzlin. Pomocí sérologických testů lze také detekovat *T. b. gambiense*, čehož se využívá k definitivnímu potvrzení nákazy. K diagnostice *T. b. rhodesiense* se tato metoda nevyužívá (Parasites – African trypanosomiasis, 2020B).

Léčba africké trypanozomiázy závisí na stádiu a formě nemoci (Parasites – African trypanosomiasis, 2020C). Gambijská forma je v první fázi léčena pentamidinem, který je aplikován injekčně do svalu nebo intravenózně. Pokud onemocnění graduje do druhé fáze, podává se eflornithin, který nahradil melarsoprol, pro jeho vedlejší účinky. Podávání eflornithinu je poměrně komplexní, proto bylo vyvinuto kombinované léčivo nifurtimox-eflornithin. Rhodéská forma je léčena pomocí suraminu, který se aplikuje nitrožilně (Jíra, 2009; Malvy a Chappuis, 2011).

Prevenčí jednotlivců proti spavé nemoci je vhodný oděv v oblastech s epidemiologicky významným výskytem glosin a využívání repelentů. Dalším opatřením jsou pasti k odchytu hmyzích přenašečů a eliminace jejich populace (Jíra, 2009; Parasites – African trypanosomiasis, 2020D).

Statistické údaje

Rod *Trypanosoma* určitým způsobem připomíná ve svém globálním dosahu rod *Plasmodium*, ovšem šíře výskytu je ve srovnání značně limitovaná. Rozdělení na africké a americké členy rodu *Trypanosoma* vede ke srovnání, kde je hlavním faktorem úmrtnost. V rámci afrických členů je celková mortalita pacientů bez lékařské pomoci prakticky 100 % (Fèvre et al., 2006). U amerických zástupců je přímá mortalita poměrně komplikovaný fenomén, kdy je odhadováno, že přibližně 20–30 % nakažených podlehně poškození oběhové soustavy (Mills, 2020). Rámcově ohrožené obyvatelstvo se u afrických variant pohybuje okolo 60 milionů, kdy se průměrné roční hodnoty v posledním období pohybují pod hranicí 10 000 případů (Franco et al., 2014). Pro srovnání je vzhledem k neúplnosti statistik odhadováno, že americké formy ohrožují potenciálně až 75 milionů osob, kdy se množství celkově nakažených odhaduje na 7 milionů (Malik et al., 2015).

Z historického hlediska se ovšem obě regionální skupiny drasticky liší. U amerických variant je pozvolný nárůst počtu případů spojen s populačním růstem a adaptací vektorů na antropogenní prostředí (Mills, 2020). Za mírným poklesem v poslední dekádě lze pozorovat vyšší informovanost místních obyvatel a snahu o redukci rozsahu nákazy. V přímém kontrastu se africké varianty dostaly do rozmachu v první polovině 20. století vzhledem k přeměně krajiny ve vztahu k produkci pod koloniální správou. Rozmach přesahující 50 000 nálezů ročně se ovšem v relativně krátkém časovém horizontu podařilo koloniální správě limitovat (Franco et al., 2014). Opětný nárůst následoval pád koloniální sféry a destabilizaci situace v regionu, což vyústilo v nárůst zaznamenaných případů nad hranici 30 000 ročně.

Při rozdělení jednotlivých variant výrazně dominuje v zastoupení *T. b. gambiense* v rámci africké skupiny, kde tvoří až 98 % všech případů (Franco et al., 2014). Ale kupříkladu v Demokratické republice Kongo vykazuje až 25% výskyt *T. b. rhodesiense*. Oba zástupci ovšem prokazují obdobnou mortalitu a agresivitu v těle nakažených (Fèvre et al., 2006). Naproti tomu u americké skupiny existuje zásadní rozdílnost v léčitelnosti a mortalitě, která dosahuje u nechronické varianty až 80 % (Malik et al., 2015). U chronické varianty je již výše zmíněné riziko úmrtí na poškození zejména oběhové soustavy v okolí 30 %, kdy z celkového objemu postižených je průměrně uzdraveno zhruba 60 %.

Poslední report World Health Organization (WHO) uvádí pokles ročního počtu případů africké trypanozomiázy ze 7000 případů ročně v roce 2012 na méně jak 1000 ročně k roku 2020 (WHO et al., 2020).

2.2 Rod *Leishmania*

Již z dob druhohor máme důkazy o existenci rodu *Leishmania*, česky ničivka (Jíra, 2009), v podobě fosilního jantaru starého přibližně sto milionů let, v němž byly nalezeny pozůstatky dvoukřídlého hmyzu s názvem *Palaeomyia burmitis*, který se živil pravděpodobně sáním krve. Uvnitř trávicího traktu a sacího ústrojí zmíněného bezobratlého živočicha byla potvrzena přítomnost ničivky. Tato ničivka byla pojmenována jako *Paleoleishmania proterus* (Steverding, 2017).

Odborné diskuse a zkoumání tohoto mikroorganismu probíhalo na úplném začátku 20. století. Prvním popsáným druhem tohoto rodu byla *Leishmania donovani*, v roce 1903, pojmenovaná po Skotovi Williamu Boogovi Leishmanovi a Irovi Charlesovi Donovanovi, kteří zkoumali patologické změny na slezině postižených pacientů, kteří trpěli leishmaniózou (Jíra, 2009; Steverding, 2017).

Charakteristika a buněčná stavba

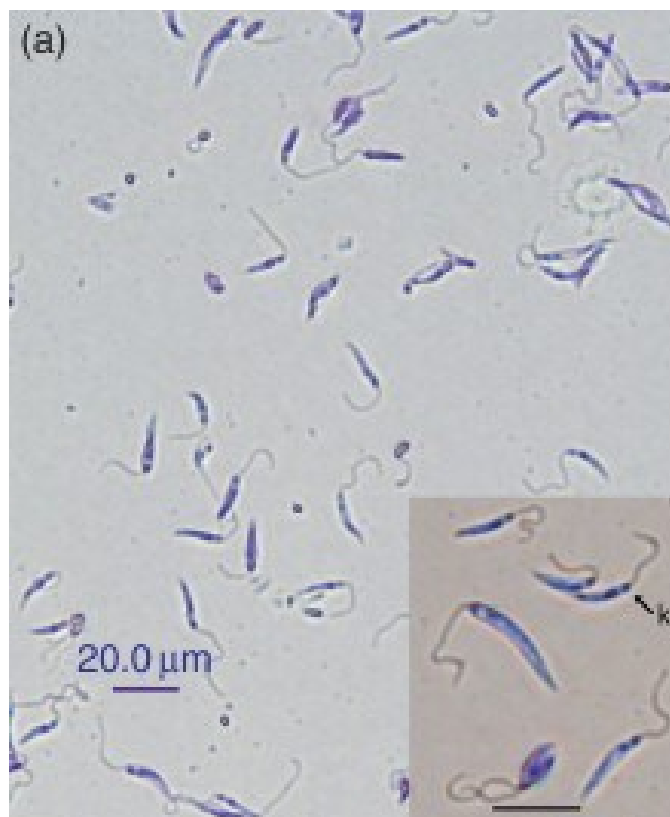
Součástí buňky schopné lokomoce, kterou nazýváme promastigotní formou (viz obr. 6), je pohyblivý bičík v přední části buňky na spodní straně. Bičík je zasazen do bičíkového váčku. Tato oblast vznikla invaginací cytoplazmatické membrány. Poblíž bazálního tělíska bičíku se nachází kinetoplast typický pro tuto skupinu organismů. Přítomnost kinetoplastu (viz str. 9) spojuje ničivky s trypanozomami, proto oba řády řadíme do třídy Kinetoplastida. Uvnitř buňky se nachází buněčné jádro zodpovědné za řízení mikroorganismu. Energetický metabolismus řídí a kontroluje jediná mitochondrie. Dále v buňce nalezneme Golgiho aparát, na rozdíl například od *E. histolytica*, u níž se Golgiho komplex *sensu stricto* nevyskytuje (Jíra, 2009; Sunter a Gull, 2017).

Forma buňky nemající pohyblivý bičík se nazývá forma amastigotní. Společné pro promastigotní a amastigotní formu je přítomnost jádra, Golgiho aparátu, endoplazmatického retikula, kinetoplastu. Další charakteristickou vlastností amastigotů jsou takzvané

megasomy (Jíra, 2009; Mougneau et al., 2011). Jedná se de facto o lyzozomy větších rozměrů, které slouží ke zpracování složek získaných z potravy nebo odstranění cizorodých látek (Waller a McConville, 2002).

Různé druhy ničivek mají různé hostitele v závislosti na oblasti výskytu. Hlavními hostiteli bývají zejména divoká zvířata, výskyt byl prokázán i u domestikovaných zvířat (u psů). Rezervoáry nákazy představují z divoce žijících savců např. ježek ušatý, různé druhy pískomilů, krys, někteří primáti (kočkodani, malpa hnědá) a šelmy (psík mývalovitý, liška obecná) (Jíra, 2009).

U rodu *Leishmania* rozlišujeme dva podrody na základě místa vývoje v hmyzím přenašeči. Těmito podrody jsou *Leishmania* a *Viannia*. Zástupci podrodu *Leishmania* se vyvíjejí v přední a středním střevě, zatímco *Viannia* v zadní části střeva, přičemž v určitý moment se přemísťují do střeva středního a předního (Jíra, 2009).

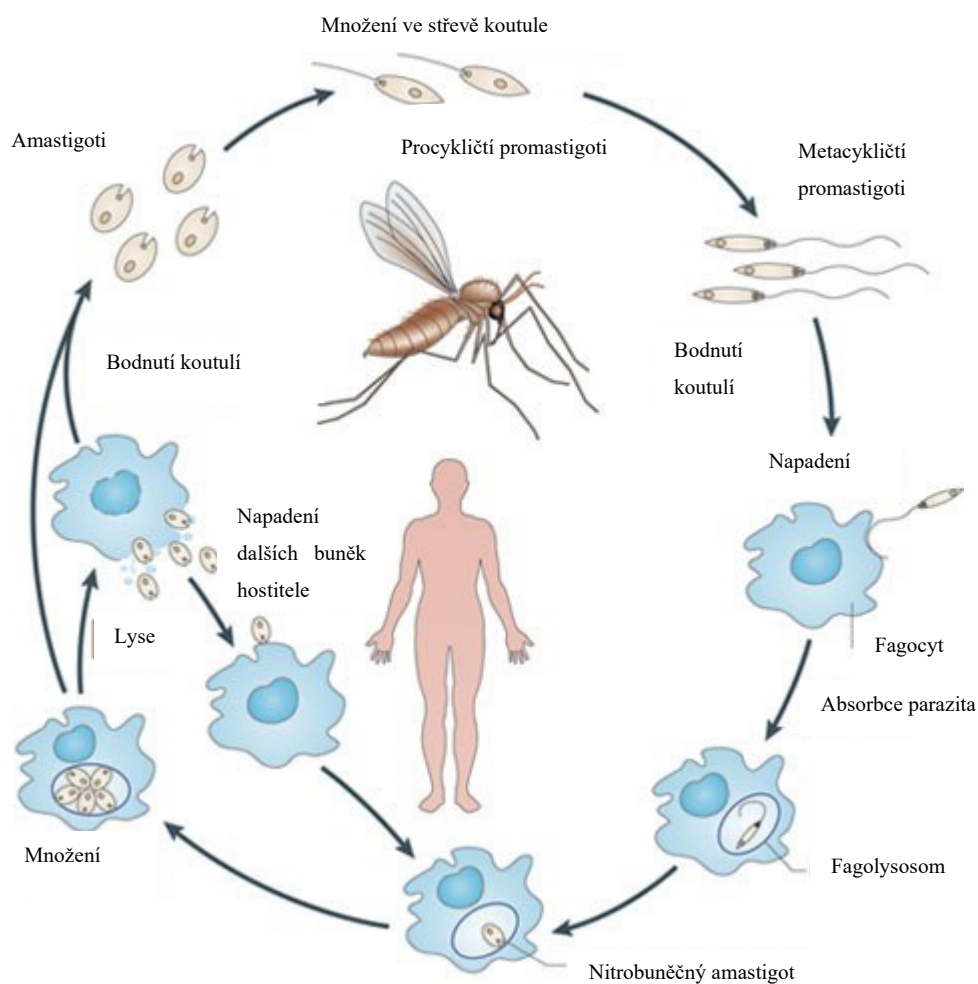


Obrázek 6 *Leishmania* – promastigotní forma (převzato z práce Ogden a Melby, 2009; upraveno)

Životní cyklus

V životním cyklu ničivky (viz obr. 7) sledujeme dvě morfologické formy, jimiž jsou mimobuněčná promastigotní forma a nitrobuněčná amastigotní forma (Sunter a Gull, 2017).

Forma promastigotní vzniká z formy amastigotní v trávicím traktu bezobratlého přenašeče z řádu dvoukřídlých, kterým je hmyz rodu *Phlebotomus* a *Lutzomyia*, česky koutule (Zicha, 2006A). Promastigoti se v těle přenašeče nepohlavně podélně rozmnožují a dávají vzniknout novým jedincům, kteří budou moci infikovat savčího hostitele. Promastigoti z těla samiček koutulí jsou bodnutím přeneseni na savčího hostitele, kterými jsou včetně člověka také například krysy. Za imunitní odpověď v těle hostitele zodpovídají makrofágy, v nichž se amastigoti množí. Makrofágy pomocí fagocytózy pohlcují cizorodé buňky parazita. Po pohlcení nastává další fáze životního cyklu, při níž se z promastigotní formy stává forma amastigotní, která se v makrofázích množí na další parazitické buňky (Mougneau et al., 2011; Efstathiou a Smirlis, 2021). Parazitické buňky způsobí lýzi hostitelské buňky a uvolní se do extracelulárního prostoru. Po dalším bodnutí koutulí, který se živí savčí krví, jsou opět na hmyz přeneseny buňky parazitického organismu. Amastigotní forma se přemění na promastigotní, která je obsažena ve slinách dvoukřídlého hmyzu, čímž se životní cyklus uzavírá a znovu se opakuje. Výhodou ničivek je značná genetická rozmanitost, jež umožňuje vysokou přizpůsobivost změnám podmínek (pH, teplota aj.) (Jíra, 2009).



Obrázek 7 Životní cyklus – rod *Leishmania* (převzato z práce Kaye a Scotta, 2011; upraveno)

Infekce, diagnóza, léčba, prevence

Choroby způsobené ničivkami se nazývají leishmaniózy. Leishmaniózy se projevují v mnoha formách a také zásadně osciluje jejich závažnost v závislosti na stavu pacienta, druhu ničivky apod. Leishmaniózy v zásadě rozlišujeme na kožní, slizničně-kožní a viscerální (Solbach a Laskay, 1999; Jíra, 2009).

Nejhojněji postižené oblasti představují země v oblasti tropického a subtropického pásu. Leishmaniózy lze dělit i dle geografické příslušnosti na leishmaniózy Nového světa, kde se onemocnění šíří ve 22 zemích, a leishmaniózy Starého světa, kde je známá infekce u obyvatel 66 států (Jíra, 2009).

Druhů rodu *Leishmania* je relativně velké množství, proto i projevy a příznaky leishmanióz zaujímají široké spektrum.

Nejběžnější kožní leishmaniózy se projevují tvorbou defektů na pokožce v podobě bolestivých puchýřů. Tělo hostitele je schopné tohoto parazita zneškodnit samo, rány se však hůře hojí a následkem jsou jizvy po vzniklých lézích. Pokud pacient nemá dostatečně silný imunitní systém, může kožní leishmanióza přejít i do kožně-slizniční podoby tohoto onemocnění. Kožní leishmaniózy způsobují *L. (L.) tropica*, *L. (L.) mexicana*, *L. (L.) major* či *L. (L.) amazonensis* (Goto a Lindoso, 2010; Efstathiou a Smirlis, 2021).

Za kožně-slizniční leishmaniózy zodpovídají druhy *L. (V.) braziliensis*, *L. (V.) guyanensis*, ale také některé druhy způsobující leishmaniózy kožní. Z názvu této skupiny onemocnění lze snadno usoudit, že parazit poškozují pokožku společně se sliznicemi, zejména sliznice nosní, ústní a v oblasti hltanu. Poškození se opět prezentuje bolestivými puchýři (Goto a Lindoso, 2010). Tkáně obličeje tvořené chrupavkou podléhají zásadnímu poškození. Jíra (2009) typ poškození popisuje jakožto zkapalnění tkáně, což vede např. ke zhroucení nosní přepážky a celkové deformaci obličejové oblasti lebky.

Fatální následky mohou však mít viscerální leishmaniózy. Tuto skupinu onemocnění způsobují *L. (L.) donovani* a *L. (L.) infantum*. *L. (L.) donovani* se vyskytuje v oblastech Asie a Afriky, zatímco případy způsobených *L. (L.) infantum* shledáváme více v oblasti Mediteránu. Tito parazité poškozují buňky vnitřních orgánů zásadních pro život – játra a slezinu. Dále napadají kostní buňky, což zapříčiní špatnou funkci kostní dřeně, která tvoří mj. bílé krvinky zodpovědné za správnou funkci imunitního systému. Viscerální leishmaniózu opět doprovázejí kožní defekty a léze nacházející se po celém těle pacienta (Ready, 2014).

K diagnóze leishmaniózy se využívají různé metody. První z nich je diagnóza pomocí mikroskopu, při níž se provádí stěr z postižených a deformovaných míst na pokožce. Z tohoto stěru, který je analyzován právě pomocí mikroskopu lze přímo určit, zdali se jedná o nákazu některou z ničivek. Některé druhy ničivek lze detekovat pomocí PCR testů, které je však nutné modifikovat, jelikož nejsou schopné zachytit právě všechny druhy v závislosti na genetické proměnlivosti (Jíra, 2009).

Žádný medikament nelze označit za ideální, neboť se většinou jedná o látky s vedlejšími účinky. K léčbě leishmaniózy je využíván např. amphotericin B, pentamidin, paromomycin aj. Problematické je, že žádný s těchto léků nepůsobí vždy stoprocentně u všech pacientů (de Menezes, 2015).

Prevence u leishmanióz je obdobná jako u jiných chorob, které způsobuje krev sající hmyz. Je nutné chránit kůži vhodným oděvem a být co nejlépe zahalen, aby nedošlo ke kontaktu s hmyzem. Dalším krokem k ochraně jsou repelenty a insekticidy. Během spánku je zásadní chránit se sítěmi proti hmyzu (Parasites – Leishmaniasis, 2020).

Statistické údaje

Přesto, že je onemocnění dlouhodobě podceňováno a obdobně jako další tropické nemoci trpí na nedostatečný monitoring, můžeme mu dle řady odhadů přisoudit incidenci sahající k 400 000 případů ročně (Ready, 2014). Rámcově se mezi nejpostiženější regiony řadí indický subkontinent a jihovýchodní Asie společně s východní Afrikou, kdy pro srovnání zbytek světa tvoří pouze zhruba 10 % celkových případů nákazy (Alvar et al., 2012). Poměrně vysoká rozmanitost jednotlivých druhů ničivek má za následek značnou regionální variaci v průběhu a dopadech onemocnění. V průměru zhruba 50 % případů nákazy v Súdánu je tvořeno pouze kožní variantou, oproti čemuž pouze mezi 5 a 10 procenty případů v Indii podléhá této charakteristice (Ready, 2014).

Dle nejnovějších informací zveřejněných WHO odhadované množství případů viscerální leishmaniózy činí 50 000 až 90 000 případů ročně, přičemž WHO zaznamená pouze maximálně 45 %. Kožní leishmanióza se v populaci vyskytuje častěji. Odhaduje se, že ročně přibude přibližně až 1 000 000 případů, přičemž 200 000 je ohlášeno WHO (Leishmaniasis, 2023).

Součástí regionální charakteristiky incidence jsou i další významné faktory, kterými je např. podvýživa či koincidence s nákazou HIV. V první řadě lze pozorovat jednoznačný vývoj trendu ve výskytu a rizikovosti nemoci v oblastech jižní Evropy, kde za posledních 50 let došlo k zásadnímu poklesu. Snížení rizika je primárně přisuzováno obecnému zlepšení socioekonomických faktorů, vedoucích ke zvýšení rezistence populace na bázi kvalitního stravování a dostupné lékařské pomoci (Ready, 2014). V druhé řadě však jako silný faktor

mortality působí značná koincidence s nákazou HIV především v oblastech východní Afriky, kde se od konce minulého století pohybuje množství nakažených až v okolí 20 % populace (Asamoah-Odei et al., 2004). Samotná koincidence je zaznamenána až u 40 % případů nemocných (např. v Súdánu). Jedná se o poměrně významný faktor při míře úspěšnosti léčby (Diro et al., 2014).

V důsledku nízkého monitoringu a absence spolehlivých statistik v řadě regionů se známá mortalita odhaduje pouze těžko. Dle odhadů se pohybuje mezi 10 a 20 %, kdy v případě absence lékařské péče dosahuje 75–95 % (Ready, 2014). Navzdory nebezpečí pro populace v zasažených regionech se cílené řešení onemocnění v současnosti nedaří realizovat. V rámci limitování vektorů určitou roli sehrálo využívání DDT pro boj s malárií, které do jisté míry snížilo výskyt *L. donovani* v Indii a *L. infantum* v oblasti jižní Evropy, ovšem vzhledem k jeho environmentálním dopadům se s jeho přerušením aplikace dostavil i nárůst populace přenašečů. Za určitou naději lze považovat využití pyretroidů v rámci ochrany mezipřenašečů (domácích zvířat), která má v individuálním měřítku znatelné dopady v Evropě a bohatších částech Latinské Ameriky (Ready, 2014). Obecně je však realizace komplexních ochranných opatření mimo ekonomické možnosti nejhůře zasažených regionů, kde tedy nelze absenci rezistencí vektorů k insekticidům zcela využít.

2.3 Rod *Plasmodium*

Stejně jako spavá nemoc zapříčiněná trypanozomami, i malárie představuje tropické onemocnění, jež je způsobeno jednobuněčným parazitem zvaným *Plasmodium*, česky zimnička (Navrátilová a Patočka, 2012). Tato choroba doprovází lidskou populaci již mnoho let. *Plasmodium falciparum* se v populaci začalo zásadně šířit v dobách, kdy docházelo k rozvoji zemědělství a lidé zakládali trvalá obydlí, kde se shlukovali. Onemocnění se postupně z afrického kontinentu šířilo směrem na sever do Mediteránu a na Blízký východ (Jíra, 2009; Tanabe et al., 2010).

Charakteristika a buněčná stavba

Infekční forma zvaná sporozoit obsahuje ve své buňce orgány typické pro eukaryota – jádro, Golgiho komplex, endoplazmatické retikulum, ribozomy a mitochondrie, které se konkrétně ve sporozoitech nacházejí dvě. Sporozoiti mají protáhlý tvar buňky (Jíra, 2009).

Dále u sporozoitů sledujeme rhoptrie a mikronemy společně s pelikulou na povrchu (Sherman, 1979).

Rhoptrie a mikronemy, společně s polárním prstencem a mikrotubuly, vytvářejí tzv. apikální komplex, který parazitovi umožňuje vniknutí do hostitelských buněk. Rhoptrie a mikronemy označujeme jako sekreční orgány apikálního komplexu, které usnadňují vstup do buňky hostitele tím, že uvolňují enzymy narušující hostitelskou buňku (Hampl, 2010; Portman a Šlapeta, 2014).

Další životní forma zvaná merozoit již rhoptrie ani mikronemy nemá. Z merozoitů vznikají améboidní trofozoiti, kteří mohou pomocí cytostomu vstřebávat cytoplazmu hostitelských buněk (krvinek). Buňka trofozoita obsahuje redukované endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, ribozomy, mitochondrie, lysozomy a jádro, které se zvětšuje s rostoucí buňkou (Sherman, 1979).

Mezi zástupce rodu *Plasmodium*, kteří mají schopnost infikovat člověka, patří zmíněné *P. falciparum* (zimnička tropická), *P. malariae* (zimnička čtvrtodenní), *P. ovale* (zimnička oválná) a *P. vivax* (zimnička třetidenní) (Jíra, 2009). Zimničky ve svém životním cyklu střídají několik vývojových fází a dva hostitele, jimiž jsou obratlovci a dvoukřídlý hmyz, samice komára rodu *Anopheles*. Vývojové fáze se u zmíněných druhů vzájemně morfologicky liší. Společným znakem však je přítomnost apikálního komplexu. Na základě této charakteristiky jsou organismy členy kmene Apicomplexa, česky výtrusovci (Jíra, 2009; Staines a Krishna, 2012).

Komáři rodu *Anopheles* (viz obr. 8) vykazují poměrně velkou druhovou diverzitu. Byly popsány druhy *Anopheles fenestus*, *A. gambiae*, *A. arabiensis*, *A. minimus*, *A. stephensi* a mnoho dalších, přičemž přibližně až čtyřicet druhů přenáší malárii. Jíra (2009) však uvádí až 70 druhů schopných přenosu malárie, vektory rozděluje na hlavní a vedlejší. Komáři patří mezi dvoukřídly hmyz s proměnou dokonalou (Malaria, 2020).



Obrázek 8 Komár rodu *Anopheles* (převzato z práce *Hoofst van Huijsduijnen et al., 2019*)

Životní cyklus

Stádium sporozoita, jež infikuje obratlovčího hostitele, je přeneseno komářím bodnutím. Sporozoiti se nacházejí ve slinách hmyzího hostitele, které přijdou do kontaktu s obratlovcem při inokulaci bodavě-sacím ústním ústrojím komára. Sporozoiti jsou unášeni krevním řečištěm do jater obratlovce, kde napadají jaterní buňky, hepatocyty. Průnik sporozoitů do hepatocytů umožňuje složité biochemické dráhy, díky kterým je možný další vývoj parazita (Jíra, 2009; Staines a Krishna, 2012).

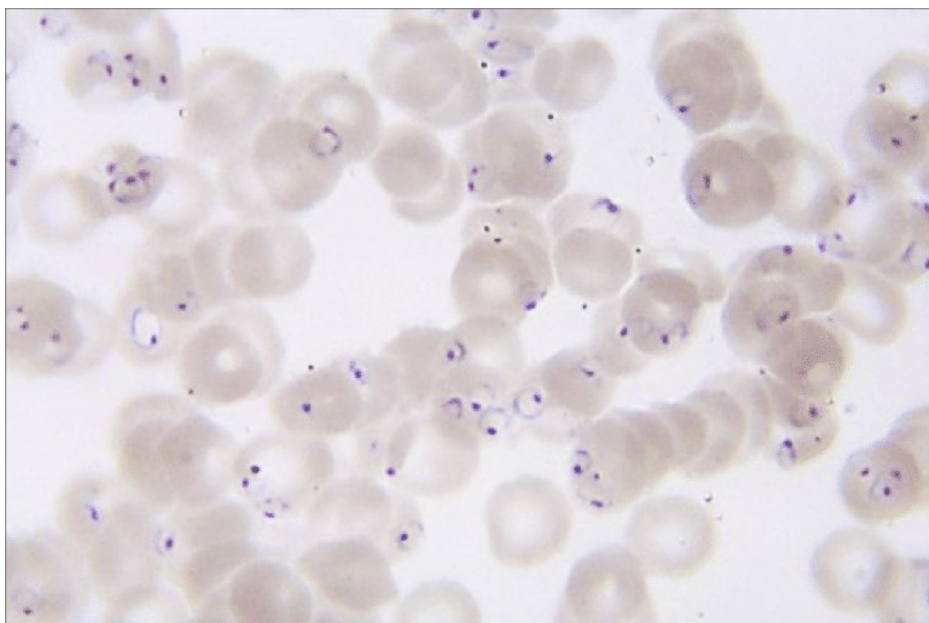
Dělením sporozoitů v jaterních buňkách vznikají merozoiti. Toto nepohlavní dělení též nazýváme jako primární (exoerytrocytární – mimo červené krvinky) schizogonie. V momentě, kdy vznikne dostatečný počet dceřiných merozoitů, buňky praskají a merozoiti napadají červené krvinky, jež procházejí játry (Jíra, 2009).

Uvnitř erytrocytů vzniká z merozoitů v první řadě tzv. prstencová forma, která se postupně transformuje v trofozoita. Trofozoiti dále procházejí několikrát erytrocytární schizogonií (probíhá uvnitř červených krvinek – viz obr. 9) a vzniká opět mnoho dceřiných. V této fázi již parazita nazýváme schizontem. Po několikanásobném dělení a dozrání schizonta dojde tentokrát k lýzi krevní buňky a uvolnění dalších merozoitů napadajících okolní červené krvinky (Jíra, 2009). Během destrukce buněk dochází k horečnatým záchvatům pacienta (Fendrich, 2005).

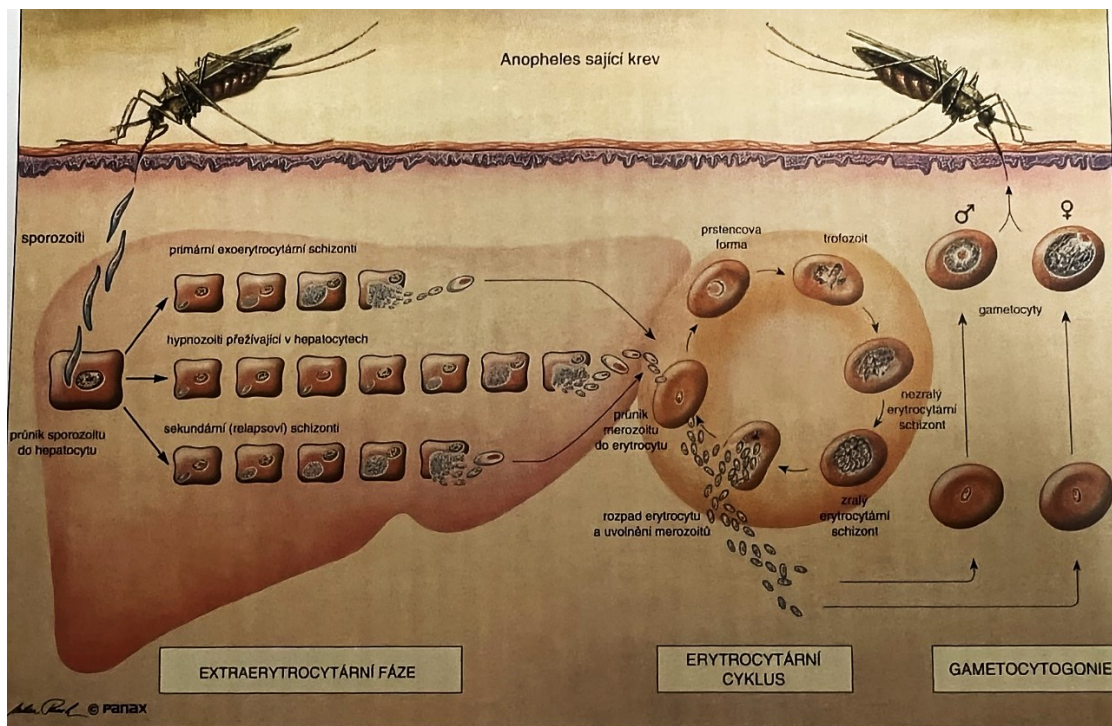
Přibližně do dvou týdnů nastává proces, při kterém se určití merozoiti netransformují ve schizonty, ale vznikají z nich gametocyty. Pro buňky nastává pohlavní fáze životního cyklu.

Samčí gametocyty nazýváme mikrogametocyty, samičí pak makrogametocyty. Proces vzniku gametocytů označujeme gametogonie. Gametocyty, přítomné v krvinkách, jsou nasáty komárem, v jehož slinných žlázách dokončují svůj životní cyklus (Jíra, 2009; Staines a Krishna, 2012).

Gametocyty projdou řadou buněčných změn. Z mikrogametocytů vznikají pohyblivé mikrogamety. Z makrogametocytů vznikají makrogamety. Po splynutí gamet vznikne zygota. Zygota dále prochází změnami a vyvíjí se přes ookinetu, oocystu, sporoblast k počátečnímu sporozoitovi. Vznik sporozoitů nazýváme sporogonie (Jíra, 2009). Kompletní životní cyklus lze vidět na obr. 10.



Obrázek 9 Červené krvinky napadené zimničkami (převzato z práce Pagaro a Jadhav, 2013)



Obrázek 10 Životní cyklus – rod *Plasmodium* (převzato z práce Jíry, 2009)

Infekce, diagnóza, léčba, prevence

Při nákaze malárií pacient prochází charakteristickými malarickými záchvaty, které zahrnují zimnice, horečky a pocení. Záchvaty nastávají při praskání červených krvinek a uvolnění merozoitů. Tyto fáze zahrnují další příznaky, kterými jsou bolesti hlavy, gastrointestinální potíže, později až dezorientace, třesavka, silná vyčerpanost, dále onemocnění doprovází také anémie (Haldar a Mohandas, 2009; Jíra, 2009).

Rozlišujeme čtyři typy malárie – terciánu (způsobuje *P. vivax*), kvartánu (*P. malariae*), tropickou malárii (*P. falciparum*) a terciánu ovale (*P. ovale*). Terciána se mezi nakaženými objevuje nejčastěji. Právě u terciány se zmíněné záchvaty opakují každý třetí den. Záchvaty jsou důsledkem periodicky se opakující přeměny jedné životní formy parazita v další formu. Díky stádiu, které se nazývá hypnozoit, může *P. vivax* přežít po nějakou dobu v hepatocytech. Díky tomu nesprávně léčený tento typ malárie může opět propuknout i po několika letech. Hypnozoity naopak netvoří *P. malariae*, proto se neseťkáváme při této nákaze s reinfekcí. Kvartána způsobena *P. malariae* se liší od terciány tím, že se záchvaty opakují každý čtvrtý den. Nejzávažnější forma malárie je způsobena *P. falciparum*. *P. falciparum* napadá retikulocyty (vývojové stádium erytrocytů) i dozrálé erytrocyty.

Infekce vede k postižení ledvin a mozku, a pokud není včas odhalena příčina zdravotních problémů, končí ve velkém množství případů smrtí pacienta (Fendrich, 2005).

K diagnóze se využívají mikroskopické metody. Nejsnazší, ovšem časově náročnou, metodou je barvení dle Giemsy-Romanovského (Jíra, 2009). Další možnou metodou k odhalení prvoka v těle hostitele jsou PCR testy, pomocí nichž lze stanovit konkrétní druh zimničky (Zimmerman a Howes, 2015).

K léčbě malárie se využívají tzv. antimalarika. Tyto medikamenty jsou rozděleny do skupin na základě fáze životního cyklu zimniček, na kterou mohou působit (Jíra, 2009). Nejčastěji je snahou co nejdříve snížit počet infekčních stádií prvoka, aby došlo ke zmírnění klinických příznaků (Fendrich, 2005). Léčba malárie je v zásadě velmi komplexní a vyžaduje zvažování všemožných faktorů, které by mohly léčbu degradovat (př. schopnost pacienta pozřít tablety, chemorezistence vůči medikamentům, nevhodné lékové interakce apod.) (Jíra, 2009).

K léčbě akutních záchvatů se využívá chlorochin. Tento medikament je vhodný i pro těhotné ženy. Dalším léčivem je chinin, který je využíván k léčbě multirezistentní formy tropické malárie. Některé případy malárie zdravotníci řeší kombinací antibiotik a chininu. Podávaná antibiotika v takových případech jsou tetracyklin a azitromycin (Jíra, 2009).

Krokem k zastavení šíření závažného onemocnění byla snaha redukovat populaci hmyzích přenašečů zimniček, k čemuž byly využity insekticidy ze skupiny chemických látek označovaných jako pyretroidy. Během let, kdy probíhala aplikace těchto chemických zemědělských přípravků, však vůči nim zásadně vzrostla rezistence komárů a přesto, že lokální přínos tato strategie měla, k eliminaci vektoru přenosu v zásadě nedošlo (Ranson a Lissenden, 2016).

Jedinec by měl k ochraně používat vhodný oděv s dlouhými rukávy a nohavicemi, uzavřenou obuv a vysoké ponožky chránící kotníky. Na oděv se aplikuje repelent. Během spánku by měl být člověk chráněn moskytiérou (Jíra, 2009). Zajímavou, přirozenou a jednou z nejstarších metod eliminace komárů je vysazení ryb a dalších vodních predátorů, kteří se živí larvami hmyzu (Tizifa et al., 2018).

Statistické údaje

Rizikovitost malárie, jakožto jedné z nejzávažnějších tropických chorob, je z části podporována i poměrně širokou škálou čtyř druhů zimničků, které nemoc při napadení hostitele způsobují. V rámci významu zcela jednoznačně vede *Plasmodium falciparum*, z jehož následků dochází dle odhadů až k 90 % světové mortality malárie (Snow, 2015). Podobně jako u mortality je i z celkového počtu nakažených značný poměr přisuzován *Plasmodium falciparum*, kdy v kombinaci s *Plasmodium vivax* potenciálně ohrožují přibližně dva a půl miliardy osob (Howes et al., 2016). Ačkoliv je jejich geografické rozdělení nerovnoměrné, primární dva původce malárie jsou ve srovnání s obdobnými onemocněními tropického charakteru vnímány jako globální hrozba.

V přímém srovnání je *Plasmodium vivax* původcem nákazy v daleko širším geografickém prostoru oproti *Plasmodium falciparum* lokalizovaném zejména v oblastech subsaharské Afriky, Amazonie a jihovýchodní Asie (Ross et al., 2006). *Plasmodium vivax* se vyskytuje v širokém pásmu sahajícím od oblasti Korejského poloostrova až po jižní Afriku a Madagaskar (Howes et al., 2016). Ačkoliv nedosahuje stejné mortality, potenciál *Plasmodium vivax* pro napáchání značných škod roste díky přesahu do řady ekonomicky nerozvinutých a silně zalidněných oblastí. Dle práce Howese et al. (2016) je toto riziko spojeno s podceněním druhu jakožto méně rizikového a s mírnějším průběhem. Kámen úrazu však vzniká v kombinaci s absencí lékařské péče, v kontextu podvýživy, nedostatku vitamínu A či zinku, jejichž vliv je přisuzován až šedesáti procentům obětí (Ross et al., 2006).

Z geografického hlediska se jádro mortality vyskytuje v oblasti subsaharské Afriky, kdy nejvíce zasaženou zemí je Nigérie s přibližnými 30 % celkových úmrtí (Cibulskis et al., 2011). Demograficky jsou dopady onemocnění značně specifické, kdy právě v Nigérii tvoří až 80 % obětí děti do pěti let (Snow, 2015).

V celosvětovém měřítku je poměr dospělých a dětských obětí prakticky identický, kdy přímá korelace mezi podvýživou, nízkým věkem a šancí na přežití dokazuje význam onemocnění. Obdobný charakter vnějšího faktoru naplňuje i koincidence s nákazou HIV, která je v oblastech hojně zasažených malárií poměrně častá a dále zvyšuje riziko mortality vzhledem k narušení imunitního systému těla (Howes et al., 2016).

Poslední záznamy o situaci zveřejněné WHO ukazují, že případů od roku 2020, kdy byl odhadovaný počet nakažených 245 milionů, přibylo na 247 milionů případů. Tento nárůst nejvíce tradičně postihuje Afriku. Přesto, že v roce 2019 se incidence (počet případů na tisíc obyvatel) značně snížila oproti roku 2000, v roce 2020 opět mírně vzrostla z 57 případů na 59, což je důsledkem covidové pandemie. WHO na území Evropy od roku 2015 nezaznamenala jediný případ malárie (WHO et al., 2022).

Alternativní srovnání přichází při připočtení zbylých druhů zimničků zodpovědných za malárii, kdy, ačkoliv jejich význam v rámci celkové mortality dosahuje rozmezí 3–7 %, jejich vliv na zdraví zasažených populací zůstává relevantní. *Plasmodium malariae*, jakožto nejdéle historicky zaznamenaný druh (Collins a Jeffery, 2007), a *Plasmodium ovale*, v pozici nejpozději popsaného (Collins a Jeffery, 2005), reprezentují pouze minimum úmrtí. Dle většiny studií jsou ovšem poměrně značně přítomny v populaci, kdy výsledky testování školních dětí poukazují až na 30% výskyt (Collins a Jeffery 2005; Collins a Jeffery 2007). Závěrem můžeme říct, že jsou oba méně rizikové druhy stále potenciálními riziky, kdy u jejich průběhu zůstává zásadním faktorem koincidence s jinými onemocněními, podvýživa a kvalita lékařské péče.

2.4 *Naegleria fowleri*

Naegleria fowleri představuje amfizoickou amébu (měňavku) z říše Excavata, ze třídy Heterolobosea (Zicha, 2006B). Český název pro *Naegleria fowleri* zní naeglerie zhoubná (Jíra, 2009). Organismy, jež nazýváme amfizoickými, jsou charakteristické tím, že mohou přežívat volně v přírodě (v půdě, ve vodě či ve vzduchu), ale také v určité fázi životního cyklu parazitují na člověku nebo některých živočiších, kterými jsou například opice či ryby. Dalšími druhy rodu *Naegleria* jsou například *N. minor*, *N. gruberi*, *N. australiensis*, *N. italica* či *N. indonesiensis* (Jíra, 2009).

Charakteristika a buněčná stavba

N. fowleri se vyskytuje v přírodních vodních nádržích se sladkou vodou, také ve vodách uměle vytvořených koupališť, v odpadních vodách, půdě, hydrotermálních pramenech atd. (Jíra, 2009). Tento prvok však nedovede žít v mořské vodě vzhledem k vysokému obsahu minerálních látek (Trabelsi et al., 2012). Takto volně žijící naeglerie se živí bakteriemi.

Tkáně živočichů a člověka napadá tehdy, pokud přijde do kontaktu s vhodným hostitelem (Jíra, 2009; Baig, 2016).

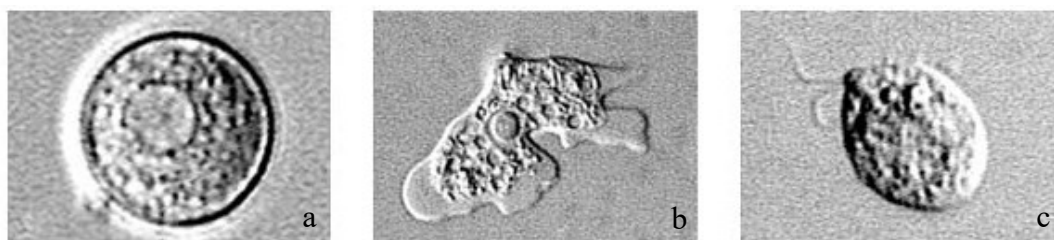
V závislosti na vnějších podmínkách může *N. fowleri* během životního cyklu projít až třemi morfologickými formami, kterými jsou améboidní trofozoit, bičíkatá forma a klidová cysta, jež umožňuje mikroorganismu přežít nepříznivé podmínky například na dně nádrží či bazénů (Jíra, 2009).

Améboidní trofozoit (viz obr. 11 b) vykonává pohyb pomocí typických laločnatých panožek, takzvaných lobopodií. Buňku obklopuje cytoplazmatická membrána, pod níž se nachází ektoplazma a endoplazma, které jsou navzájem viditelně odlišené (Visvesvara et al., 2007). Buňka naeglerie obvykle obsahuje pouze jedno jádro s jadérkem. Mitochondrie jsou kalichovitého, případně činkovitého tvaru. Stejně jako u jiných eukaryot buňka obsahuje ribozomy, hladké endoplazmatické retikulum, potravní vakuoly, u některých kmenů nalezneme také měchýřky a cisterny s membránou, které lze označit jako takzvaný „Golgi-like komplex“.

Povrch lobopodií doplňují další drobné výběžky, které umožňují lepší kontakt mezi prvokem a pohlcovanou potravou. *N. fowleri* přijímá potravu pomocí fagocytózy, k níž slouží buněčná ústa na povrchu buňky, která označujeme jako amébo stom (naeglerio stom) (Jíra, 2009). Za příznivých podmínek (vhodná teplota a vlhkost prostředí) se trofozoit nepohlavně rozmnožuje pomocí binárního dělení na dvě dceřiné buňky (Trabelsi et al., 2012).

Bičíkaté formě (viz obr. 11 c) hruškovitého tvaru naeglerie zajišťují pohyb dva bičíky. Stejně jako u předchozí formy, i u bičíkaté životní formy se nachází uvnitř buňky jedno jádro s jadernou membránou, vakuoly, mitochondrie. Rozdílem však je drsné endoplazmatické retikulum. V této formě se naeglerie nerozmnožují, ani nedochází k příjmu potravy (Jíra, 2009; Visvesvara et al., 2007).

Cysty (viz obr. 11 a) obsahují opět pouze jedno jádro s velkým jadérkem. Tato morfologická vlastnost je společná pro všechny životní fáze *N. fowleri*. Kulovitou cystu obklopuje a chrání dvouvrstvá stěna (Trabelsi et al., 2012).

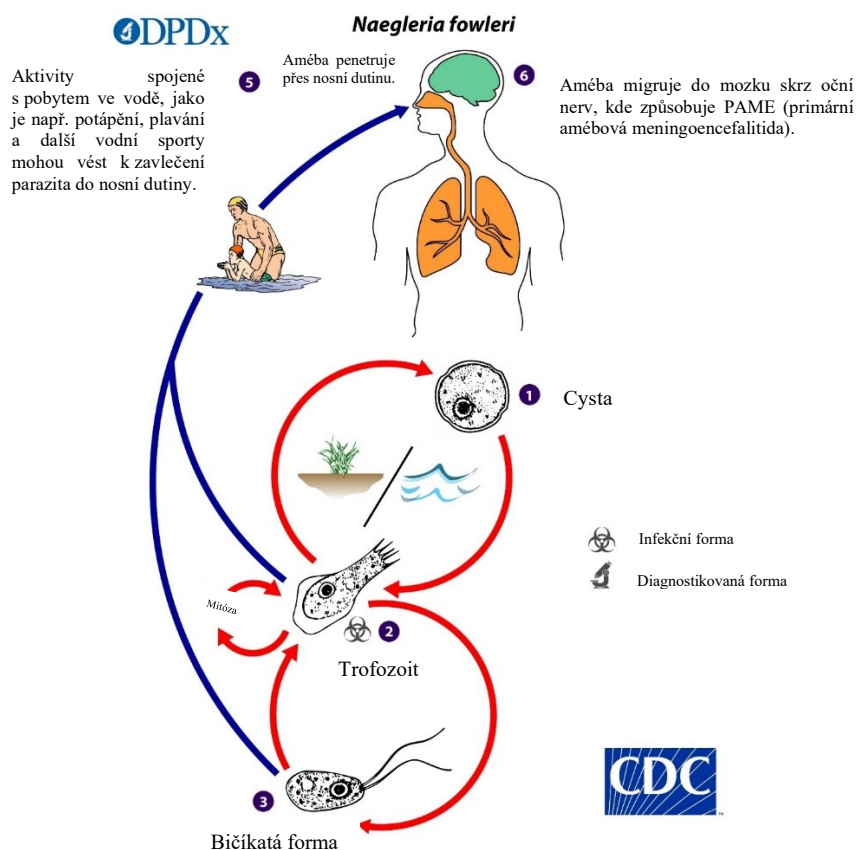


Obrázek 11 *Naegleria fowleri* (a – cysta, b – trofozoit, c – bičíkatá forma) (*Naegleria fowleri*, 2022; upraveno)

Životní cyklus

Životní cyklus *N. fowleri* (viz obr. 12) definují tři životní fáze, jejichž stavbu a charakteristiku buňky popisuje předchozí podkapitola (viz výše).

Změna koncentrace iontů ve vodním prostředí vyvolá u améboidního trofozoita proces enflagelace, při němž se trofozoit transformuje v bičíkatou formu. Celý proces enflagelace trvá přibližně 4–6 hodin. Důvodem transformace je nedostatek potravy v aktuálním prostředí, kde se prvok nachází, přičemž bičíkatá forma je schopna potravu snadněji dohledat. Z této formy se mikroorganismus dokáže přeměnit zpět na améboidního trofozoita, pokud se podmínky opět vrátí do normy. V případě, že by však došlo například k rapidnímu poklesu okolní teploty či vlhkosti prostředí, projde mikroorganismus encystací a vytvoří odolnou cystu, díky níž je schopen nepříznivé podmínky přečkat. I cysty, stejně jako bičíkatá forma, se mohou pomocí excystace přeměnit zpět na trofozoita (Trabelsi et al., 2012).



Obrázek 12 Životní cyklus – *Naegleria fowleri* (*Naegleria fowleri*, 2022; upraveno)

Infekce, diagnóza, léčba, prevence

Choroby způsobené prvoky rodu *Naegleria* obecně nazývá jako naegleriózy. *Naegleria fowleri* způsobuje závažné onemocnění centrálního nervového systému zvané primární amébová meningoencefalitida (PAME). Toto onemocnění lékaři přisuzují také amébám rodu *Acanthamoeba* (Martínez, 1977). PAME se projevuje podobně jako jiné typy meningitidy (zánět mozkových blan), proto je mnohokrát obtížné stanovení diagnózy (Cope et al., 2018). I přesto, že toto onemocnění je relativně vzácné, u 97 % případů prokázaných ve Spojených státech amerických končí nákaza smrtí (Cope et al., 2018). Obecně se v lidské populaci uvádí mortalita až 98 % (Jíra, 2009).

K nákaze dochází při koupání ve sladkých teplých vodách, jako jsou jezera, pomalé toky řek či hydrotermální prameny. Případy infekce jsou převážně spojovány s letním obdobím, kdy teploty vystoupají ke 40 °C a tuto hranici překračují, neboť *N. fowleri* je termofilní

organismus. Lze pokládat za zajímavé, že při takto vysokých teplotách prvok stále dovede růst a je schopen infikovat hostitele (Baig, 2016).

N. fowleri se do těla hostitele aktivně dostává v podobě trofozoitů (Grace et al., 2015) přes nosní dutinu prostřednictvím vody, ve které se člověk pohybuje. Do těla hostitele může proniknout i cysta či bičíkatá forma, která se následně transformuje v trofozoita (Jíra, 2009). Skrz výběžky (axony) čichových nervů, které vedou informaci o čichových podnětech z nosní sliznice do čelního (frontálního) laloku a temenních (parietálních) laloků, se mikroorganismus dostává až do mozku, kde se množí a způsobuje zánět projevující se otokem mozkových hemisfér a krevním výpotkem v oblasti mozkových blan. Mikroorganismus je schopen se dostat zároveň do komorového systému mozku, kde způsobuje zápal ependymy (Jíra, 2009), tedy blány obklopující mozkové komory (Meunier et al., 2020). Améba napadá tzv. bulbus olfactorius (čichový bulbus), tělo hostitele zahájí imunitní reakci v podobě tvorby neutrofilních a eosinofilních granulocytů a makrofágů (Grace et al., 2015; Martínez, 1977).

Klinické příznaky se od nakažení projevují 1. až 15. den. Mezi příznaky onemocnění je řazena bolest hlavy v oblasti čelního laloku, ztráta čichu a chuti, pyrexie (horečka do 41 °C) až hyperpyrexie (horečka nad 41 °C) (Štefánek, nedatováno), světloplachost. V některých případech byla potvrzena nekróza srdečního svalu (Visvesvara et al., 2007; Jíra, 2009). U nakaženého dochází k poruchám vědomí, které vyústí až ke kómatu. Otok hemisfér způsobuje vysoký nitrolebeční tlak, který vede ke smrti pacienta (Jíra, 2009).

K potvrzení naegleriózy využívají lékaři PCR testy. Jelikož se jedná o onemocnění s rychlým postupem, je zásadní včasná identifikace příčiny problémů, proto se využívá také mikroskopická analýza likvoru, která by měla prokázat přítomnost prvoka. Při včasné diagnóze je pacientovi nitrožilně podáván amfotericin B po dobu dvou až tří týdnů (Jíra, 2009).

Hlavním krokem k prevenci před onemocněním PAME je předcházení průniku vody do nosní dutiny a upřednostnění návštěvy koupališť s chlorovanou vodou, případně preferovat rekreaci ve vodě mořské (Grace et al., 2015).

Statistické údaje

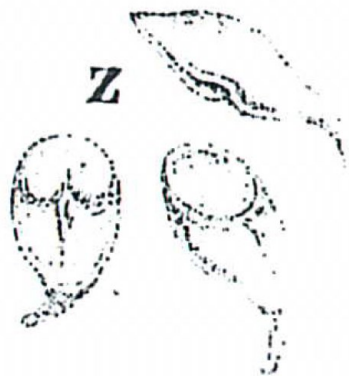
Ačkoliv lze v rámci historických záznamů výskyt onemocnění způsobeného napadením *Naegleria fowleri* považovat za raritní záležitost, realita statistik je značně zatížena nedostatkem záznamů. Dle Gharpure et al. (2021) je hlavní příčinou disproporčního počtu záznamů například ve Spojených státech amerických nedostatečně spolehlivý zdravotní systém. Bez ohledu na tento fakt je výskyt napadení *Naegleria fowleri* zejména spojen s teplým klimatem (85 % případů) a venkovními vodními plochami (45 % případů). Literatura popisuje v období mezi lety 1962 a 2018 381 případů onemocnění, z nichž je 182 označeno za potvrzené, 89 jako pravděpodobné a zbytek vykazující pravděpodobnost (Gharpure et al., 2021). V obecné rovině statistiky napovídají relativně osobitému trendu nálezů, kdy se v rámci zaznamenaných případů jednalo ze 75 % o muže v průměrném věku 14 let (Gharpure et al., 2021).

Přesto, že se zcela jednoznačně jedná o efekt rozvinutého systému zdravotního testování a sledování, jsou země s nejčastějším zaznamenaným výskytem se 145 případy Spojené státy americké. Relativně vysokou úroveň výskytu nálezů vykazují dle statistiky Indie, Pákistán a Mexiko, kde ovšem dle Gharpure et al. (2021) zůstává úroveň ohlášení a zaznamenání případů velice nízká.

V České republice byla nejhorším případem lokální epidemie situace z Ústí nad Labem mezi lety 1963–1965, kdy došlo k úmrtí 16 mladých lidí. Zdrojem infekce byla v případě bazénu kombinace nedokonalého ošetření vody a praskliny na stěnách, z nichž docházelo ke kontaminaci vody (Kadlec et al., 1978).

2.5 *Giardia intestinalis* (lamblie střevní)

S prvokem česky zvaným lamblie střevní (lat. *Giardia intestinalis*, *Lamblia intestinalis*, *Giardia duodenalis* či *Giardia lamblia*) je spojováno jméno medika a přírodovědce rakousko-uherského původu Viléma Dušana Lambly. V roce 1859 navázal na práci Antonia van Leeuwenhoeka, jenž analyzoval svou stolici, v níž se nacházel právě tento patogenní organismus. V. D. Lambl popsal a zakreslil základní morfologické znaky tohoto střevního jednobuněčného parazita (viz obr. 13) (Lipoldová, 2014).



Obrázek 13 První nákresy morfologických struktur *L. intestinalis* (převzato z práce Lipoldové, 2014; upraveno)

Charakteristika a buněčná stavba

Lamblia intestinalis představuje jednobuněčného střevního parazita, v jehož buňce nenalezneme některé orgány, které jsou pro eukaryotické organismy typické. Tyto orgány pak nahrazují jiné. Mitochondrie, v níž probíhají zásadní metabolické děje, bez nichž by žádný organismus nepřežil (např. buněčné dýchání, glykolýza, metabolismus lipidů aj.), zde nahrazuje organela zvaná mitozom. Mitozom je od mitochondrie odvozen a má na povrchu také dvě membrány. Nefunguje však zcela stejně jako mitochondrie jiných eukaryotických buněk (Doležal et al., 2005). Jeho funkce jsou značně minimalizovány v porovnání s mitochondrií – neprodukuje ATP (adenosintrifosfát), jež je zdrojem energie pro buňku (Leger et al., 2017). Mitozom v buňce lamblie střevní (a dalších protist, viz dále) zajišťuje vznik tzv. železo-sírných center, k čemuž buňka využívá ISC dráhy (*Iron-Sulphur Cluster*). Centra představují anorganické kofaktory aktivující funkci enzymů. Z důvodu absence mitochondrie, a tím tedy oxidativní fosforylace, označujeme lamblii střevní jakožto anaerobní organismus (Novák a Novák Vanclová, 2018). Tradičně byla diskutována také absence peroxisomů, které mají enzymatickou funkci. Studie provedena Acosta-Virgen et al. (2018) však poukazuje na existenci stejné enzymatické aktivity ve váčcích, které jsou přítomny v trofozoitech i cystách lamblie.

Vegetativní trofozoiti (viz obr. 14 b) mají ve svém buněčném těle dvě typická buněčná jádra, která vznikla duplikací (zdvojením). Tato jádra uvnitř neobsahují jadérka, která jsou tvořena

shluky ribonukleové kyseliny. Buněčná jádra se neliší svým vzhledem, ani funkcí. Během rozmnožování se identicky dělí, taktéž obsahují přibližně stejné množství genů, jež jsou kódovány v deoxyribonukleové kyselině (Adam, 2001).

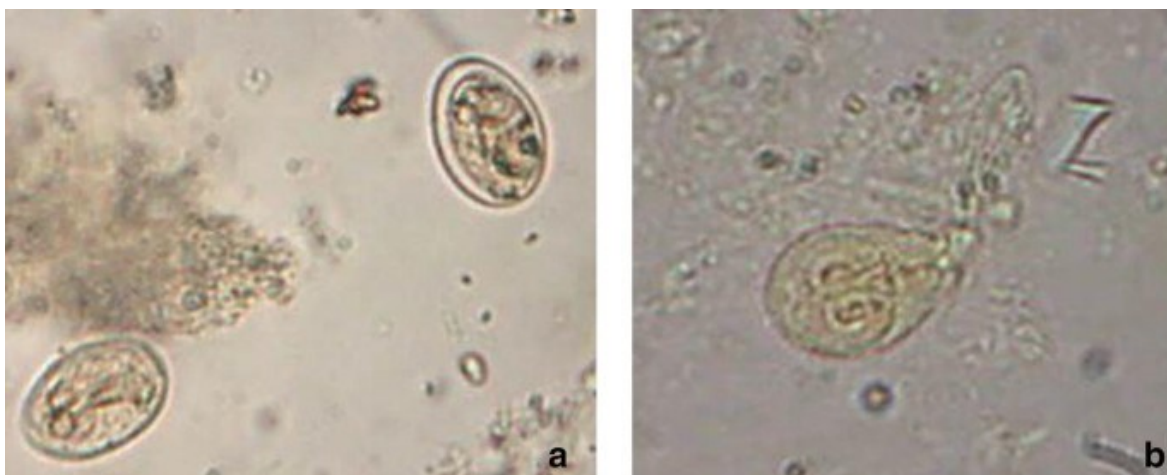
U lamblie střevní shledáváme vyvinuté endoplazmatické retikulum, jež má význam pro přenos látek a komponent důležitých pro syntézu stěny chránící cystu v pasivní fázi životního cyklu. Toto zajišťují vyměšovací váčky tvořené právě endoplazmatickým retikulem. Udržení tvaru buňky a zajištění jejího pohybu zajišťuje komplexní, cytoskeletální aparát (Carranza a Lujan, 2010).

K pohybu buňky slouží čtyři páry bičíků, které jsou zakotveny v bazálních tělískách. Tato tělíska jsou umístěna mezi dvěma buněčnými jádry. I zde došlo k duplikaci organely během evolučního vývoje (Gillin et al., 1996). Bičíky vznikají během buněčného dělení, kdy nejprve osm bičíků mateřské buňky se rozdělí na čtyři bičíky u buněk dceřiných. Čtyři bičíky dceřiné buňky jsou následně komplementárně doplněny nově vznikajícími bičíky (Nohýnková et al., 2006).

K přichycení na stěně tenkého střeva slouží disk se dvěma přísavkami. Bičíky, které se nachází na ventrální části buněčného těla, umožňují lamblii snadnější přichycení ke sliznici střeva vytvořením tlaku na stěnu. Tento disk nalezneme společně s bičíky na ventrální straně v anteriorní části (Carranza a Lujan, 2010).

Cysta (viz obr. 14 a) je klidovou formou lamblie střevní. Cysty mají oválný tvar (Carranza a Lujan, 2010). Zvláštností je, že se uvnitř cysty, díky nedokončené cytokinezi, nachází dva nerozdělené trofozoiti a čtyři buněčná jádra. Chemické složení vnějšího obalu cysty obsahuje čtyři typy proteinů a také derivát sacharidu galaktózy (Adam, 2001). Stěna je tvořena vlákny uspořádanými do filamentové sítě, pod níž sledujeme vnitřní dvouvrstvou membránu. Cysta nepřežívá v suchém prostředí, pokud má však vhodné podmínky a vlhkost, dovede přežít přibližně tři měsíce (Jíra, 2009).

Doposud bylo popsáno šest druhů rodu *Giardia*. Tento prvok neparazituje pouze v lidském těle, nýbrž i u jiných obratlovců. Těmito druhy jsou *Giardia muris*, *G. microti*, *G. ardeae* a *G. psittaci*. *G. agilis* a *G. intestinalis* (Feng a Xiao, 2011), již je věnována tato kapitola.



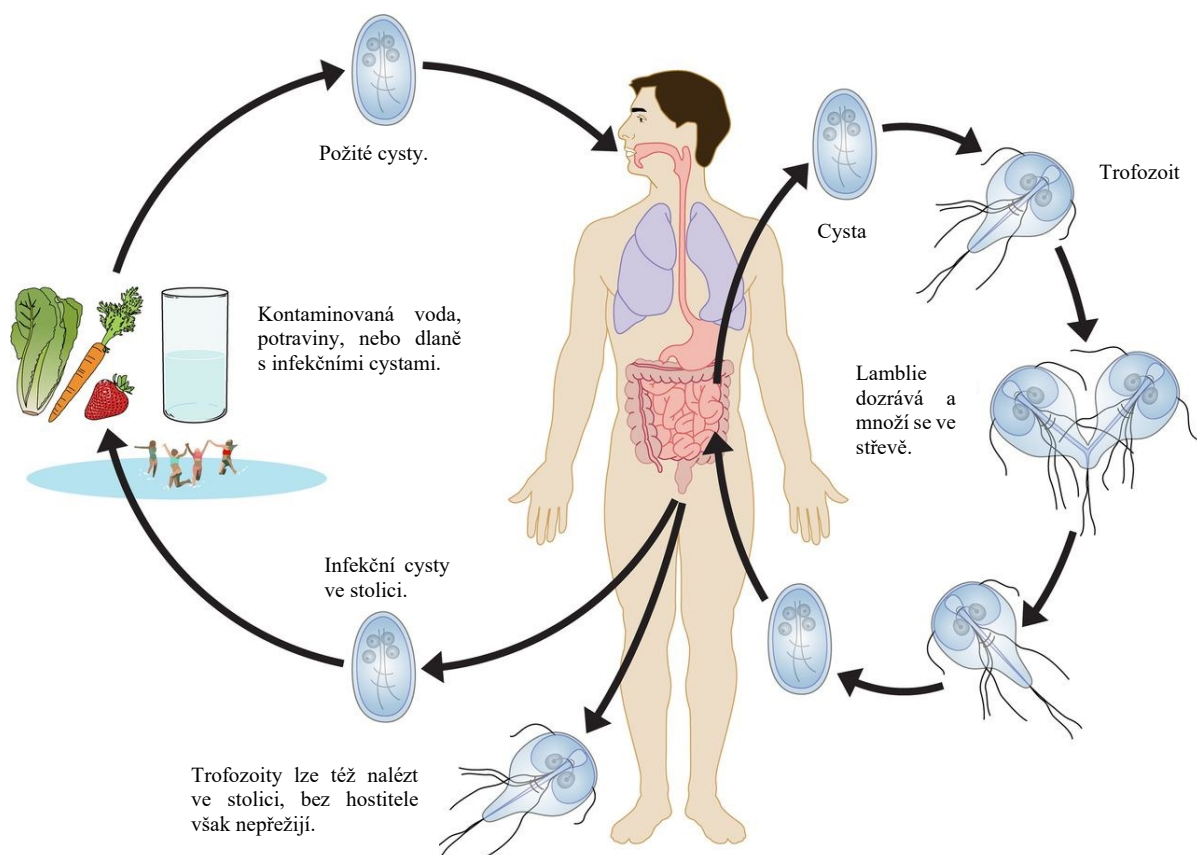
Obrázek 14 Cysty (a) a trofozoit (b) *G. intestinalis* (převzato z práce Rebih et al., 2020)

Životní cyklus

První fází životního cyklu lamblie střešní je takzvaná encystace, která probíhá před cytokinezí (dělení buňky), avšak po dokončení replikace DNA. Tímto procesem vznikají klidové cysty, které jsou pasivní formou lamblie. K encystaci dochází v tlustém střevě za přítomnosti bazického pH a mastných kyselin, které jsou součástí tuků. V této fázi životního cyklu lamblie snadno přežívá ve vodním prostředí. Cysty jsou též odolné vůči vnějším fyzikálně-chemickým vlivům, např. ozonolyze či chloraci, kterými se čistí vodovodní voda (Ali a Hill, 2003).

Cysty s kontaminovanou vodou či potravinami procházejí trávicí trubicí nejprve do žaludku, následně do tenkého střeva. Změna pH (v žaludku kyselé, v tenkém střevě neutrální) zapříčiní opačný jev vůči encystaci, tedy tzv. excystaci. Během excystace dojde k uvolnění prvoka, jenž přechází do cytokineze, čímž vzniknou dva noví jedinci. Aktivní formou lamblie je trofozoit, který zodpovídá za projevy infekce (Carranza a Lujan, 2010).

Trofozoiti se v této fázi životního cyklu množí. K tomuto množení dochází nepohlavním binárním dělením, kdy z mateřské buňky vznikají dvě buňky dceřiné. Někteří jedinci se po určitém časovém intervalu přesouvají do další části trávicí trubice – do tlustého střeva. Zde následně dojde opět k encystaci, tedy k vytvoření nových cyst. Tyto cysty jsou opět vyloučeny se stolicí z těla ven. Infikovaná voda a potrava představují nejrizikovější vektory k přenosu infekce (Parasites – Giardia, 2021A).



Obrázek 15 Životní cyklus – *Giardia intestinalis* (převzato z práce Esch a Petersen, 2013; upraveno)

Infekce, diagnóza, léčba, prevence

Onemocnění způsobené prvokem *Giardia intestinalis* se nazývá giardióza či lamblióza. Jedná se o kosmopolitně rozšířené onemocnění a také o nejčastější onemocnění ve Spojených státech amerických a v Kanadě způsobené střevním parazitem (Long et al., 2017). Hostitelem lamblie je široké spektrum živočichů, tato práce je však zaměřena na epidemiologickou situaci v lidské populaci.

Projevy giardiózy jsou poměrně rozmanité, a není vyloučeno, že u některých infikovaných jedinců dochází k asymptomatickému průběhu infekce (Long et al., 2017). Střevní potíže doprovází další problémy, jako je nevolnost, zvracení, velmi rychlý a nepřírozený úbytek na váze, bolesti břicha a křeče. Tyto obtíže způsobuje porušení střevní sliznice v oblasti duodena (dvanáctníku) a jejunu (lačníku) přichycením prvoka (Suchopár, 1999). Giardie

však nejsou invazivní a nejsou schopné vnikat do enterocytů. Svým působením na sliznici střeva pouze zamezí řádnému vstřebávání potřebných živin v těle hostitele, což způsobuje tzv. malabsorpční syndrom (Čermáková et al., 2008).

Inkubační doba trvá průměrně 7–10 dní, není však vyloučené, že se může projevit i kolem 20. dne od pozření infekčních cyst. K nákaze dochází fekálně-orální cestou. Jak již bylo zmíněno, nejběžnějšími vektory této choroby jsou voda a potraviny obsahující rezistentní cysty. K přenosu dochází mezi člověkem a člověkem, je však možná nákaza i mezi člověkem a zvířetem (Long et al., 2017).

Tradičním způsobem stanovení giardiózy je analýza stolice infikovaného, v níž se nachází cysty (vzniklé po encystaci), případně trofozoiti. Cysty jsou velmi odolné, a proto vydrží mimo tělo hostitele relativně dlouhou dobu, během které se mohou dostat prostřednictvím vody či jídla k novému hostiteli. Dále lékaři mohou provést např. intestinální biopsii či analýzu duodenální tekutiny. Metody pro diagnostiku prošly významnou revolucí. Proto je možné odhalit onemocnění i pomocí PCR testu (Long et al., 2017).

K léčbě giardiózy se využívá řada léčiv ze skupiny antiprotozoik (protozoocid). Skupina primárně předepisovaných léčiv se nazývá nitroimidazoly.

Mezi nitroimidazoly patří metronidazol, ornidazol či tinidazol. Všechna tato léčiva se podávají perorálně. Kontraindikačním faktorem je první trimestr gravidity, senzibilita na nitroimidazoly, případné poruchy funkce jater a ledvin, které jsou důležité pro odbourávání účinných látek. V takových případech se volí alternativní léčba pomocí jiných medikamentů (Suchopár, 1999). Metronidazol je pod komerčním názvem znám jako Entizol. Jedna tableta Entizolu obsahuje 250 mg účinné látky. Entizol je podáván dospělým pacientům a pacientům nad 10 let v dávce 2000 mg jednou denně. Takto stanovená medikace trvá tři dny. V jiném případě může lékař stanovit dávku 500 mg dvakrát denně po dobu sedmi až deseti dnů v závislosti na stavu pacienta. Ve věku od deseti do sedmi let je denní dávka 1000 mg. Medikament takto starý pacient užívá tři dny. Ve věku od sedmi do tří let života je podáváno 750 mg jednou denně opět tři dny (SÚKL, 2010A; SÚKL, 2010B).

Jako při každém jiném onemocnění, i zde je velmi podstatné dodržovat preventivní kroky k předcházení nákazy lamblíí střevní. V první řadě tvoří jistě podstatnou součást prevence

správná hygiena. Dalším krokem je vyhýbání se lokacím s možným zvýšeným rizikem výskytu prvoka, zejména přírodním (i umělým) koupalištím. V případě tohoto typu rekreace je nutné dodržovat doporučené mytí před samotnou rekreací, abychom v případě asymptomatické infekce neohrozili ostatní a nešířili nákazu. I nakažená zvířata mohou být vektorem infekce, proto je důležité omezit případný kontakt (Parasites – Giardia, 2021B).

Statistické údaje

Dle uvedené tabulky (viz tab. 1) můžeme sledovat, že počet nakažených v letech 2001–2007 v okolí Hradce Králové, pouze v roce 2003 překročil hodnotu deset u vzorků ze stolice. Pozitivních případů, jež byly šetřeny pomocí analýzy duodenální tekutiny, bylo potvrzeno za celé zmíněné období dvanáct. Pozitivních vzorků ze stolice ve sledovaných sedmi letech mikrobiologové potvrdili 59 (Čermáková et al., 2008).

Tabulka 1 Přehled výskytu G. intestinalis v okrese Hradec Králové a v okolí v letech 2001–2007 (převzato z práce Čermákové et al., 2008).

Rok	Vyšetřené osoby (odebrány 2–3 vzorky stolice)*	Pozitivní průkaz G. intestinalis ve stolici pacientů	Duodenální vzorky – celkem	Pozitivní průkaz trofozoitů G. intestinalis v duoden. obsahu
2001	1 418	10 (0,70 %)	12	0
2002	1 497	10 (0,67 %)	13	6 (46,15 %)
2003	1 177	11 (0,93 %)	9	4 (44,44 %)
2004	1 008	5 (0,49 %)	14	0
2005	904	8 (0,88 %)	17	0
2006	780	8 (1,02 %)	19	1 (5,26 %)
2007	1 100	7 (0,64 %)	11	1 (9,09 %)
Celkem	7 884	59 (0,75 %)	95	12 (12,63 %)

*Celkem vyšetřeno 22 908 vzorků stolice.

Vzhledem k rozšíření i v rámci rozvinutých částí světa se jedná o značně specifický případ onemocnění, kdy lze počty nálezů odhadovat v řádech stovek milionů. Z celkového počtu nálezů je možné sledovat přibližně 200 milionů symptomatických průběhů, které se každoročně rozšiřují o přibližných 500 000 nových případů (Cacciò a Ryan, 2008). Mimo individuálních nálezů dochází k šíření především skrze nesprávně udržované vodní zdroje, kdy během 20. století došlo k více než stovce obdobných incidentů zahrnujících větší objem nakažených (Plutzer et al., 2010). Ve většině případů dochází ke kontaminaci vodních zdrojů díky nedostačující činnosti zařízení na úpravu vody, ovšem v části případů se jedná o

sekundární kontaminaci během transportu vody v potrubí. Primárním zdrojem kontaminace pro vodní zdroje jsou výkaly hospodářských a divokých zvířat, které se díky absenci primární separace či kvůli nekvalitní formě izolace dostávají do kontaktu. Vedle ovcí, skotu a koz je poměrně osobitou skupinou část vodních savců, kdy kupříkladu v Evropě hojně rozšířené nutrie mají až v 73 % případů infikované fekálie (Plutzer et al., 2010).

U hromadných symptomatických nákaz z kontaminovaných vodních zdrojů se jedná u přibližně 40 % případů o *G. intestinalis* (Cacciò a Ryan, 2008). Nejrozsáhlejším zaznamenaným případem nákazy skrze infikovanou vodu byla situace v roce 2004 v Norsku, kde došlo k nákaze způsobující symptomatický průběh u přibližně 1500 osob (Plutzer et al., 2010). Jako sekundární potenciální vektor je dle Plutzer et al. (2010) považována přímá nákaza fekáliemi kontaminovanými potravinami. Přes to, že regulace u řady potravin zabraňuje většině možných kontaminací, je u čerstvého ovoce a zeleniny jasným potenciálním vektorem hmyz a divocí ptáci. Cysty lamblie byly detekovány u sedmi procent much a 5 až 50 % divokých ptáků.

Vedle podvyživených osob se horší průběh, především ve formě chronických průjmů, projevuje především u dětí, a to až u 18 % nakažených (Plutzer et al., 2010). Rámcově se však stále u valné většiny případů nejedná o nijak život ohrožující stavy a jde tedy o statisticky často zanedbávanou nákazu.

2.6 *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná)

Entamoeba histolytica, česky nazývána měňavka úplavičná (Jíra, 2009), představuje prvoka, který způsobuje závažná průjmová onemocnění, tzv. entamébózy či amébózy. Některé historické záznamy z období přibližně 1000 let před naším letopočtem již poukazují na povědomí o příznacích tohoto onemocnění přes to, že v této době zatím nebylo známo, co ony zdravotní problémy vyvolává. V roce 1875 byl poprvé Fjodorem Alexandrovičem Lešem prvek pojmenován jako *Amoeba coli* (Jíra, 2009). Někteří vědci, kteří zkoumali archeologické nálezy exkrementů, potvrdili přítomnost spor rodu *Entamoeba* v daných vzorcích, neboť cysty představují odolnou formu parazita. Touto problematikou se zabývali také mikrobiologové a parazitologové ve 20. století. Není však zcela zřejmé, zdali se ve všech případech zkoumání jednalo konkrétně o druh *E. histolytica*, či jiné druhy jako

například *E. dispar* nebo *E. moshkovskii*. Jedním z prvních výzkumníků byl G. Witenberg, který v roce 1961 sledoval pod mikroskopem cysty *E. histolytica*, ovšem v záznamech chybí nákresy, proto se nelze spoléhat na správnost určení (Mitchell, 2015).

Charakteristika a buněčná stavba

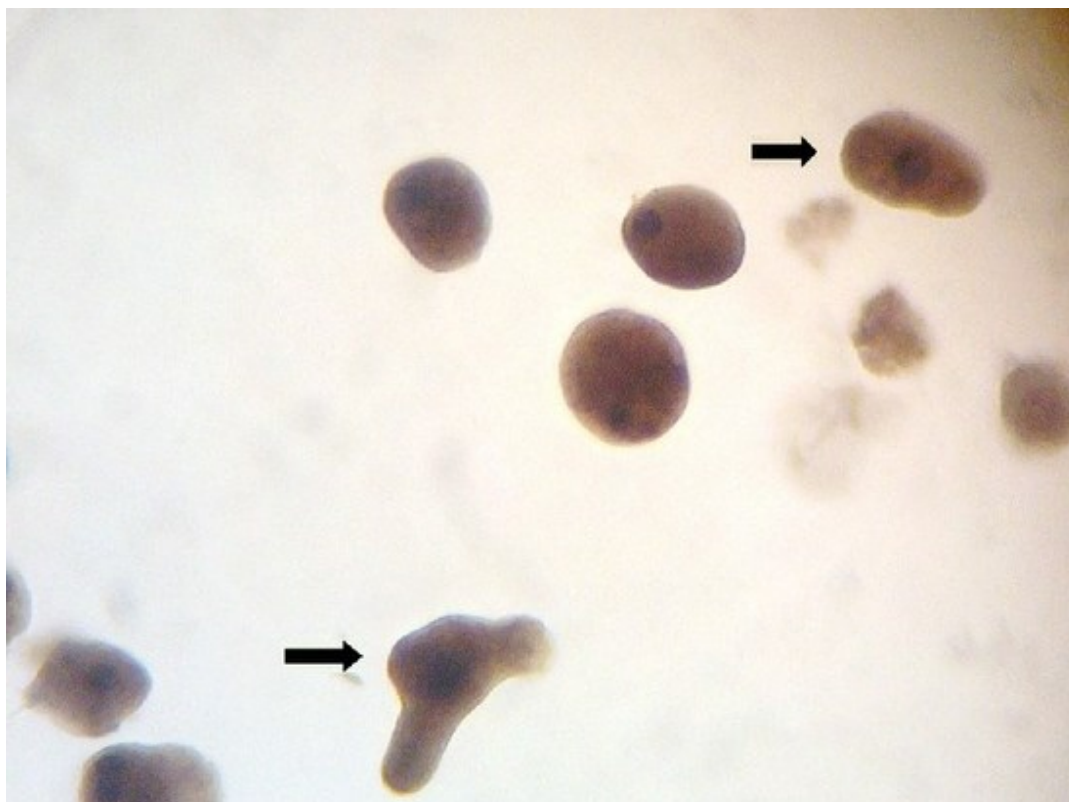
U měňavky lze sledovat během životního cyklu dvě morfologické formy, kterými jsou pohyblivý trofozoit a klidová cysta (viz obr. 16). Trofozoit je pohyblivou a dělení schopnou formou měňavky úplavičné. Právě tato forma zodpovídá za projevy onemocnění, naopak pomocí cysty se infekce šíří. Trofozoit se vyskytuje ve dvou formách – forma *magna* a forma *minuta*.

Forma *magna* se aktivně pohybuje pomocí laločnatých panožek, tzv. lobopodií. Povrch buňky tvoří cytoplazmatická membrána, jejíž odolnost zajišťuje vnější vrstva glykoproteinů. Pod cytoplazmatickou membránou se nachází ektoplazma a endoplazma. Uvnitř buňky chybí orgány typické pro organismy domény Eukarya, jako jsou mitochondrie, hladké a drsné endoplazmatické retikulum, Golgiho komplex a složky dělicího aparátu jako jsou mikrotubuly a centrioly. I přes absenci Golgiho komplexu a endoplazmatického retikula v takové podobě, jak je běžně vyobrazuje literatura, nalézáme v buňce velké množství váčků a měchýřků s membránou, které jsou právě Golgiho komplexu a endoplazmatickému retikulu podobné (Marchat et al., 2020). Rozklad potravy probíhá v potravních vakuolách. Příjem látek a potravy je zprostředkován pomocí fagocytózy a pinocytózy, přičemž pinocytózu umožňuje výběžek zvaný uroid. Uvnitř buněk měňavky lze pomocí mikroskopu sledovat červené krvinky hostitelského organismu. Buňku řídí jádro, uvnitř něhož se nachází jedno drobné jadérko (Jíra, 2009).

Forma *minuta* již není příliš aktivní, nepřijímá potravu a nelze snadno odlišit ektoplazmu od endoplazmy uvnitř buňky. Tato forma již u hostitele nezpůsobuje průjmové záchvaty. Z této neinvazivní formy vzniká za vhodných podmínek cysta (Jíra, 2009).

Cysty entaméby mají typicky kulovitý až vejčitý tvar. Neboť cysta představuje klidové stádium, určené pro přežívání nepříznivých vnějších vlivů, jak chemického, tak fyzikálního a biologického původu, na povrchu se nachází odolná stěna tvořená polysacharidem zvaný chitin (Barrón-González et al., 2008). V průběhu vývoje cysty se uvnitř nacházejí až čtyři

buněčná jádra. Dle fáze zralosti cysty rozlišujeme na precystu, cystu a metacystu, jež obsahuje právě čtyři buněčná jádra (Jíra, 2009; Junaidi et al., 2020).



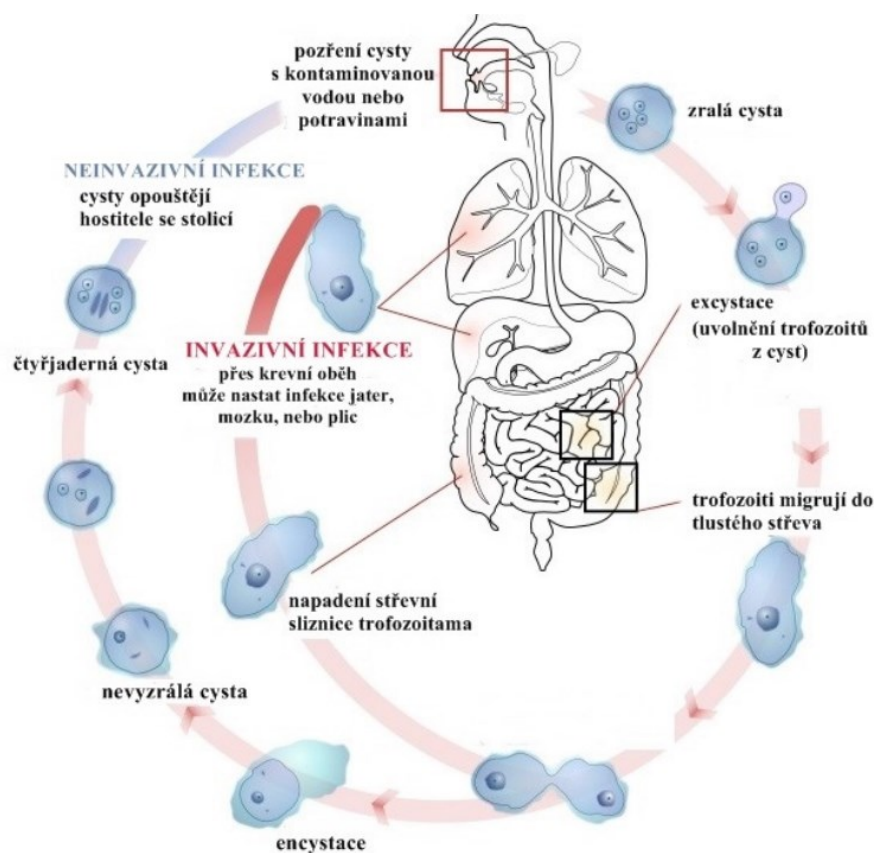
Obrázek 16 *Entamoeba histolytica* (výše cysta, níže trofozoit) (převzato z práce Zibaei et al., 2012)

Životní cyklus

Cysta, jež není schopná dělení, se společně s exkrementy dostává do vody, případně může být nevědomě člověkem či dvoukřídłym hmyzem přenesena na uskladněné potraviny, které jsou následně konzumovány. Během konzumace infikované vody či potravin jsou cysty transportovány do těla hostitele (viz znázornění životního cyklu měňavky na obrázku 17). Cysty prochází trávicí trubicí až na konec tenkého střeva (Jíra, 2009; Marchat et al., 2020).

Dělení schopná forma se nazývá trofozoit. Trofozoiti vznikají během procesu excystace, kdy dojde k transformaci jedné čtyřjaderné cysty na osm pohyblivých trofozoitů (Jíra, 2009). Entaméby se v tlustém střevě množí pomocí nepohlavního binárního dělení (Naiyer et al., 2019). Po dozrání trofozoitů proběhne proces encystace, který dá vzniknout novým cystám. Ty se dostávají opět s exkrementy do vnějšího prostředí, kde přežívají v řádu dnů, a jsou tak schopné infikovat další hostitele (Marchat et al., 2020; Mitchell, 2015). Encystaci ovlivňují

různé faktory jako například přítomnost bazického pH a histaminu (Barrón-González et al., 2008). Pozitivní vliv na pokrok v oblasti medicíny bude mít pravděpodobně výzkum uskutečněný v roce 2021, kdy Wesel et al. (2021) dovedli provést encystaci *E. histolytica in vitro* v axenické kultuře.



Obrázek 17 Životní cyklus – Entamoeba histolytica (převzato z práce Novotné, 2019)

Infekce, diagnóza, léčba, prevence

Jak již bylo výše zmíněno, k přenosu infekce dochází pomocí kontaminované vody a potravin, do nichž byly zaneseny cysty. Případy onemocnění jsou zaznamenány zejména v rozvojových zemích, kde není k dispozici čistá pitná voda. Zajímavostí je souvislost množství případů s obdobím sucha v suchých oblastech a obdobím dešťů v oblastech vlhkých. Období sucha v afrických státech představují pro obyvatelstvo nedostatek vody, což vede k většímu využití nižšího počtu zdrojů vody, a tudíž i k mnohem vyšší pravděpodobnosti kontaminace. Naopak Brazílii, Thajsko či Malajsiu postihují významné

dešťové přeháňky, které splachují exkrementy s cystami a stávají se tak součástí povrchové vody (Jíra, 2009).

Na povrchu trofozoita se nachází protein zvaný lektin. Tento protein slouží k rozpoznání sacharidů na povrchu hostitelských buněk stěny střeva – galaktózy a N-acetylgalaktosaminu. Neinvazivní infekce probíhá v momentě, kdy se améba svým povrchem pomocí lektinu přichytí na glykoproteiny tvořící tzv. mucin na sliznici střeva hostitele. K porušení ochranné střevní bariéry též entamébám slouží enzymy zvané cysteinové proteázy. Pokud dojde k napadení a proniknutí skrz vrstvu mucinu, sliznice a celé stěny střeva, stává se onemocnění invazivním, případně extraintestinálním, trofozoiti tedy zasahují orgány vně střev. Mikroorganismus může prostoupit stěnou střeva a krevním řečištěm být přenesen do jater, kde způsobuje abscesy, dále do plic a dalších orgánů lidského těla. Onemocnění se projevuje primárně průjmami (Stauffer a Ravdin, 2003; Marchat et al., 2020).

Takzvaná amébová dyzenterie je jeden z hlavních projevů amébové nákazy. Projevuje se průjmovými záchvaty. Stolice obsahuje krev a hlen. Infekci doprovází abdominální bolesti a diskomfort (Jíra, 2009; Kantor et al., 2018).

Dalšími příznaky onemocnění jsou jaterní abscesy, jež u pacienta vyvolávají bolesti v oblasti jater, horečku, zvracení, ale také kašel, který může být i jedním z projevů postižení plic při améboze. Postižení plic je však relativně raritní, stejně jako zasažení mozku.

K diagnóze lékaři používají zejména cytologická vyšetření za pomoci mikroskopu. Diagnostik pozoruje mikroorganismus v čerstvě odebrané stolici pacienta. Při pozorování cyst je velmi problematické rozlišení *E. histolytica* a *Entamoeba dispar*. *E. dispar* je považována za komenzální druh, u něhož se polemizuje o jeho potenciální patogenitě, která však závisí na různých faktorech (např. dlouhodobý zdravotní stav pacienta apod.). Pro kultivaci těchto druhů a přesnější diagnostiku využívají mikrobiologové různé komplexní laboratorní metody a živné kultury (např. Diamondovo médium¹) (Jíra, 2009; Kantor et al., 2018).

¹ Diamondovo médium – obsahuje tryptikázu, kvasinkový extrakt a maltózu.

Skupinou léků podávající se při léčbě amébóz, podobně jako u dalších protozoálních onemocnění, jsou nitroimidazoly. Do této skupiny léčiv patří Entizol, který je podáván ve formě tablet, přičemž jedna tableta obsahuje 250 mg nitroimidazolu. Tato léčiva lze kombinovat s cloroxinem (Endiaron), jenž působí proti průjmovým záchvatům. U dospělých je Entizol podáván třikrát denně, vždy po třech tabletách. V závislosti na vážnosti stavu pacient užívá medikament po dobu minimálně pěti dnů, maximálně deseti dnů. U dětí lékař dávku odvozuje od tělesné hmotnosti (Jíra, 2009; SÚKL, 2010A; SÚKL, 2010B).

Primární preventivní ochranu představuje důkladná osobní hygiena, jež zahrnuje zejména mytí rukou před konzumací jídla, převaření vody a některých potravin, jako je například zelenina, určených k požívání (Jíra, 2009; Kantor et al., 2018).

Statistické údaje

Amébóza patří mezi tři nejčastější příčiny úmrtí související s protozoálními chorobami společně s malárií (viz kapitola 1.3) a schistosomózou. Nejčastěji se amébóza vyskytuje u obyvatel zemí, kterými jsou mj. Čína, Mexiko, Brazílie, Bangladéš, Indie a některé státy Afriky. Také zaznamenáváme relativně významný výskyt nákazy u cestovatelů do tropických a subtropických destinací, u nichž Ghosh, Padalia a Moonah (2019) uvádějí přibližně 14 případů na 1000 cestovatelů. Ohroženou skupinu tvoří také muži provozující homosexuální pohlavní styk (Nasrallah et al., 2022).

Grym a Kobliha (2004) uskutečnili analýzu případů dětských pacientů. Jejich zkoumání bylo zaměřeno na problematiku komenzálních druhů améb u dětí. Zkoumání prováděli v období od 1. 5. 1997 do 30. 4. 2003 na pacientech, u nichž byl prokázán výskyt jakékoliv měňavky ve vzorku stolice. Z provedených 166 laboratorních analýz stolice za účelem potvrzení parazita byla zjištěna přítomnost organismů uvedených v tabulce 2. Z těchto případů lékaři sestavili skupinu 68 pacientů (viz tab. 3), o kterých byly známy všechny podstatné informace a jejich zdravotní stav. S problémy se potýkalo celkem 53 dětských pacientů. Problémy zahrnovaly bolesti břicha, gastrointestinální diskomfort a další potíže, přičemž u 32 pacientů nebyl zjištěn další vektor způsobující ony potíže nežli přítomnost některé z měňavek. Případy, u nichž byl potvrzen výskyt jiných měňavek, značně převažují nad přítomností *E. histolytica* (Grym a Kobliha, 2004).

Tabulka 2 Přehled parazitologických nálezů u 166 dětských pacientů (Grym a Koblíha, 2004)

Tabulka 1. Přehled parazitologických nálezů		
Parazitologický nález	Počet	% souboru
<i>Entamoeba coli</i>	47	28,3
<i>Endolimax nana</i>	42	25,3
<i>Giardia lamblia</i>	39	23,5
<i>Enterobius vermicularis</i>	15	9,0
<i>Entamoeba histolytica forma dysenterica</i>	3	1,8
<i>Iodamoeba buetschlii</i>	1	0,6
<i>Ascaris lumbricoides</i>	1	0,6
<i>Cryptosporidium spp.</i>	1	0,6
Negativní nález	17	10,2
Celkem	166	100,0

Tabulka 3 Parazitologické nálezy podle jednotlivých druhů améb (Grym a Koblíha, 2004)

Tabulka 2. Parazitologické nálezy podle jednotlivých druhů améb				
Podskupina	Typ améby	Počet	% souboru	Vedlejší nález
A.	<i>Entamoeba coli</i>	35	51,5	5x <i>Enterobius vermicularis</i>
B.	<i>Endolimax nana</i>	30	44,1	7x <i>Enterobius vermicularis</i>
C.	<i>Entamoeba coli</i> + <i>Endolimax nana</i>	1	1,5	<i>Enterobius vermicularis</i>
D.	<i>Iodamoeba buetschlii</i>	1	1,5	-
E.	<i>Entamoeba histolytica f. dysenterica</i>	1	1,5	<i>Cryptosporidium spp.</i>
	Celkem	68	100,0	

3 Praktická část

Praktická část je věnována případové studii na Gymnáziu Jiřího z Poděbrad. V následujících kapitolách je rozebrána metodologie provedeného výzkumu, zanalyzované výsledky a diskuse.

3.1 Metodologie výzkumu

V podkapitolách metodologie výzkumu je uveden cíl práce společně s hypotézami. Následuje podrobný rozbor využívaných metod k provedení výzkumu, jeho vyhodnocení a přehled otázek obsažených v dotazníku, který byl hlavní nástrojem k získání dat.

3.1.1 Hypotézy a cíl práce

Hlavním cílem práce je srovnání přístupu k výuce tématu prvoků v rámci učitelského sboru Gymnázia Jiřího z Poděbrad v Poděbradech. Pro splnění primárního cíle práce slouží kombinace tří dílčích cílů. V první řadě se jedná o teoretický rozbor hlavního tématu práce, který vede k tvorbě dotazníku pro sběr dat o dané problematice. Poté byl proveden sběr relevantních dat mezi pedagogy v rámci vybrané instituce. Finálním dílčím cílem práce je komparativní analýza informací posbíraných v dotazníkovém šetření.

Společně s cílem práce byly stanoveny následující hypotézy:

H₁ Na člověku parazitující zástupci prvoků jsou pro výuku atraktivnější než druhy volně žijící vzhledem k zásadnímu významu pro lidskou populaci.

H₂ Navzdory průřezu významných zástupců parazitických prvoků nejsou v rámci běžné výuky biologie na Gymnáziu Jiřího z Poděbrad zmiňováni všichni zástupci rozebíraní v řešební části práce.

3.1.2 Sběr a zpracování dat

Vzhledem k primárnímu cíli práce se rozsah potenciálních sesbíraných dat omezuje velikostí učitelského sboru, který je přímo zapojený do sledovaného tématu výuky. Rámcově byl sběr dat koncipován jako dotazníkové šetření ve formě přímého rozhovoru autorky s respondenty. Dotazník byl tvořen dvěma primárními segmenty, které korespondovaly s požadovanou formou získávaných dat (Artino et al., 2014). První, sociologicky zaměřená část dotazníku, byla tvořena trojicí okruhů otázek zaměřených na identifikaci nezávislých

proměnných ve formě studia, délky praxe a současného zapojení do výuky předmětu. Druhá část, zaměřená přímo na sledovanou problematiku, obsahovala devět výzkumných otázek s podotázkami mapujícími výuku prvků napříč předmětem biologie na sledované instituci. Jednotlivé otázky (viz níže) zkoumaly přítomnost tématu v hodinách, jeho význam, realizaci a zaměření na parazitické zástupce.

Sociologická část: Studium respondenta:

- a) Na které vysoké škole jste studoval/a?
- b) Kterou fakultu jste navštěvoval/a?
- c) Který obor jste studoval/a? Byl Váš obor zaměřen na učitelství biologie, či odbornou biologii?
- d) Setkal/a jste se s tématem prvků na vysokoškolských kurzech (např. v kurzu protistologie, parazitologie, zoologie bezobratlých či algologie)?

→ Ano.

- I. Jak jste byl/a s tématem seznámen/a?
- II. Byla na toto téma vedena laboratorní praktika, nebo jste se setkal/a pouze s teoretickou výukou?
- III. Do jaké míry vysokoškolská výuka ovlivnila Váš postoj k tomuto tématu?

→ Ne.

- I. Máte dojem, že byste se rád/a s tímto tématem setkal/a již při vysokoškolské docházce?

Sociologická část: Délka učitelské praxe respondenta:

- a) Jaká je délka Vaší učitelské praxe?
- b) Kolik let vyučujete na tomto gymnáziu?
- c) Kde jste učil/a před praxí na tomto gymnáziu? Jak dlouho praxe trvala?
- d) Učíte aktuálně pouze zde na gymnáziu, či současně na jiné škole?

Tematická část: Současná výuka biologie respondenta:

- a) V jakých ročnících aktuálně biologii vyučujete?
- b) V jakých ročnících o prvocích vyučujete?
- c) Vedete biologické semináře?

- Vyučujete během biologických seminářů téma prvoků zahrnující skupiny:
- I. jednobuněčné řasy.
 - II. heterotrofní volně žijící prvoci.
 - III. jednobuněční paraziti.
1. Zabýváte se ve výuce prvoků spíše volně žijícími nebo parazitickými prvoky?
 2. Věnujete se při výuce skupiny protist (prvoků) některým ze zástupců jednobuněčných parazitů z následujícího seznamu: rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná), rod *Plasmodium* (zimnička), rod *Leishmania* (ničivka), *Naegleria fowleri*, *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná), *Lambliia instestinalis* (lamblie střevní)?
 - Ano.
 - I. Kolik času věnujete výuce těchto organismů?
 - II. Které informace se o těchto organismech snažíte předat – zabýváte se systematikou, fylogenezí, anatomií a morfologií, výskytem, významem pro člověka, či jinými oblastmi propojenými s tématem prvoků?
 - Ne.
 - I. Proč?
 - II. Chtěl/a byste se tomuto tématu více věnovat z vlastní iniciativy?
 3. Případá Vám téma prvoků při výuce biologie podstatné?
 - Ano.
 - I. Proč?
 - Ne.
 - II. Která témata mají dle Vašeho názoru pro žáky a žákyně větší význam?
 4. Pokud téma parazitických prvoků vyučujete, využíváte k výuce učebnice, materiál v podobě prezentací, či jiné výukové materiály?
 5. Probíhají ve Vaší výuce na toto téma laboratorní práce, při kterých byste využíval/a např. trvalé laboratorní preparáty?
 - I. Zdají se vám materiály dostupné a kvalitní?
 6. Jakým způsobem ověřujete, že žáci dosáhli požadovaných znalostí v tomto tématu? Využíváte testy, „poznávačky“, on-line procvičování, ústní zkoušení, popř. jiné způsoby?

7. Konají se na této škole biologické semináře?

→ Ano.

I. Pro jaké ročníky jsou semináře určeny?

II. Jakou mají časovou dotaci?

III. Pokud ano, připadá Vám toto téma vhodnější pro biologické semináře či běžnou výuku, které se povinně účastní všichni žáci a žákyně?

8. Sledujete průběžně trendy pro výuku tohoto specifického tématu?

9. Jaký je Váš vztah k tématu prvoků (volně žijících i parazitických) ve výuce biologie? Je pro Vás snadné, či obtížné předat informace z této oblasti biologie?

Dotazníkové šetření bylo realizováno ve formě přibližně patnáctiminutových individuálních rozhovorů, které byly rozděleny dle výše zmíněných celků a jednotlivých otázek. Pro zaznamenání reakcí respondentů byl využit diktafon v mobilním telefonu značky Apple (model iPhone 13 Pro Max). Výstupní nahrávka byla následně analyzována a převáděna na text pomocí open source software DeepSpeech vytvořený týmem dobrovolníků v rámci nadace Mozilla foundation (Peinl et al., 2020). Textová forma odpovědí byla následně ručně překontrolována a zrevidována pro zajištění úplnosti zaznamenaných dat. Poté dále došlo k redukci textu o „parazitické výrazy“ a necílové segmenty, jejichž zachování nemělo pro realizaci analýzy význam či ji částečně komplikovalo. Konečným výstupem přípravy dat byl textový soubor obsahující veškeré zaznamenané reakce ze strany čtyř respondentů, které následně sloužily jako základ pro komparativní analýzu.

3.1.3 Analýza získaných informací

Realizace porovnávání výsledků v soudobých případových analýzách hledá své kořeny v období druhé poloviny 20. století (Leech a Onwuegbuzie, 2008). Moderní forma srovnání ve formě kvalitativní komparativní analýzy je analytickým nástrojem umožňujícím výzkumníkům pozorovat kauzální vztahy mezi proměnnými na bázi malého vzorku dat specifických pro sledovaný případ (Bingham et al., 2019). Z obecného hlediska se srovnávací metody prosazují zejména v humanitních oborech, jako je sociologie či politologie. V současnosti ovšem nacházejí své uplatnění i v otázkách vzdělávání, především s ohledem na vliv politických rozhodnutí na realitu fungování vzdělávacího

systému. Dle práce Bingham et al. (2019) je možné metody využít v širokém spektru případových studií zaměřených na fungování jednotlivých elementů vzdělávacího systému.

Výsledná textová forma odpovědí byla srovnávána ve stylu výše zmíněné kvalitativní komparační analýzy. Rámcově se jednalo o přímé srovnání odpovědí jednotlivých respondentů a jejich interakce mezi otázkami. Následná identifikace přítomných vztahů mezi sociologickými fenomény, jednotlivými pedagogy a současným nastavením vzdělávacího procesu využívala jednotlivé odpovědi i jejich kontext v rámci částečného zapojení diskurzí analýzy pro maximální možné rozebrání nasbíraných dat. Z funkčního hlediska diskurzí analýza fungovala v analýze jako nástroj pro rozbor informací „v prostoru mezi řádky“, kdy metoda cílí na identifikaci kontextuálních informací obsažených v textu (Coulthard, 2014).

3.2 Výsledky

První část dotazníkového šetření se věnuje ve třech blocích otázek analýze respondentů. Tyto otázky mají za úkol zmapovat studijní a učitelské zkušenosti čtyř respondentů, z nichž jedním respondentem je muž, zbylí tři respondenti jsou ženy. Prvním segmentem zmíněné analýzy byly otázky týkající se studia respondentů.

Otázka: Na které vysoké škole jste studoval/a?

Odpovědi na tuto otázku se relativně liší. Respondent 1 společně s respondentem 3 navštěvovali Univerzitu Karlovu v Praze, zatímco respondent 2 docházel na Univerzitu J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Respondent 4 plnil svou vysokoškolskou docházku na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích.

Otázka: Kterou fakultu jste navštěvoval/a?

Respondent 1 a 3 se opět ve své odpovědi shodují. Na Univerzitě Karlově oba respondenti navštěvovali Přírodovědeckou fakultu, zatímco respondent 2 a 4 studovali na univerzitách fakultu pedagogickou.

Otázka: Který obor jste studoval/a? Byl Váš obor zaměřen na učitelství biologie, či odbornou biologii?

V rámci tohoto dotazu lze sledovat totožné odpovědi, neboť všichni respondenti vystudovali učitelství biologie. Liší se pak druhou aprobací, přičemž u respondenta 1 je druhým oborem matematika, u respondenta 2 a 3 chemie a u posledního respondenta tělesná výchova.

Otázka: Setkal/a jste se s tématem prvoků na vysokoškolských kurzech (např. v kurzu protistologie, parazitologie, zoologie bezobratlých či algologie)?

Otázka: Jak jste byl/a s tématem seznámen/a?

Tyto dvě otázky se v zásadě prolínají, tedy i odpovědi respondentů se vzájemně proluly, proto budou uvedeny společně.

Všichni respondenti uvedli, že se s tématem prvoků setkali na vysoké škole. Jelikož se zde jedná o relativně retrospektivní dotaz, někteří respondenti nedovedli uvádět podrobnější informace k této otázce. Respondent 2 a 4 se shodli ve své odpovědi na tom, že se toto téma promítalo do zoologie (bezobratlých), zatímco respondent 1 zdůrazňoval kurz zaměřený na výuku nižších rostlin, poté však dodal, že i v rámci zoologie se věnovali některým jednobuněčným organismům, které nezískávají uhlík pomocí fotosyntézy. Stejně tak respondent 4 zmínil právě kurz botaniky, kde se věnovali jednobuněčným (i mnohobuněčným) řasám. Respondent 3 nedovedl uvést konkrétní příklad vysokoškolského kurzu, kde se s tématem setkal.

Otázka: Byla na toto téma vedena laboratorní praktika, nebo jste se setkal/a pouze s teoretickou výukou?

Respondent 4 zmiňoval náročná laboratorní cvičení, kde bylo za úkol konkrétní zástupce určovat, popisovat i zakreslovat. Tento způsob výuky v případě respondenta 4 doprovázela také teoretická výuka. Respondent 1 uvedl pouze laboratorní praktika z botaniky, na jiná laboratorní práce v souvislosti se zkoumanou problematikou si nevzpomněl. Respondent 2 a 3 si nevybavili žádnou praktickou výuku doprovázející teorii.

Otázka: Do jaké míry vysokoškolská výuka ovlivnila Váš postoj k tomuto tématu?

Respondenti 1, 2 a 3 nedovedli na tuto otázku odpovědět, zatímco respondent 4 uvedl, že již na vysoké škole na toto téma bylo pohlíženo jako na téma obtížné a náročné, přičemž tento pohled si respondent zachoval dodnes.

Druhý blok otázek tvořily konkrétně čtyři otázky týkající se délky učitelské praxe respondentů.

Otázka: Jaká je délka Vaší učitelské praxe?

U všech čtyř respondentů přesahuje doba učitelské praxe deset let. Respondent 1 uvedl, že délka jeho učitelské praxe činí třicet čtyři let. Respondent 2 vyučuje patnáct let. Respondent 3 uvádí svou délku učitelské praxe třicet let. Respondent 4 se profesi učitele věnuje již dvacet pět let.

Otázka: Kolik let vyučujete na tomto gymnáziu?

Na Gymnáziu Jiřího z Poděbrad vyučují respondenti 3 a 4 dvacet pět let. Respondent 1 třicet tři let a respondent 2 patnáct let. Respondent 2 a 4 zde vyučují po celou dobu své praxe.

Otázka: Kde jste učil/a před praxí na tomto gymnáziu? Jak dlouho praxe trvala?

Respondent 1 uvedl, že před praxí na zmiňovaném gymnáziu vyučoval půl roku na základní škole. Respondent 2 po celou dobu své praxe vyučuje pouze na Gymnáziu Jiřího z Poděbrad. Respondent 3 svou učitelskou praxi započal na jiném gymnáziu, kde vyučoval pět let. U respondenta 4 se setkáváme s ojedinělou odpovědí. Během prvního roku praxe na zkoumaném gymnáziu zároveň paralelně vyučoval na základní škole.

Otázka: Učíte aktuálně pouze zde na gymnáziu, či současně na jiné škole?

Všichni respondenti odpověděli, že současně nevyučují na žádné jiné škole.

Posledním, tedy třetím, blokem otázek sloužící k analýze jednotlivých respondentů jsou otázky zaměřené na současnou výuku biologie každého z respondentů.

Otázka: V jakých ročnících aktuálně biologii vyučujete?

Respondent 2 a 3 vyučují biologii v prvním a třetím ročníku vyššího gymnázia, přičemž respondent 2 vyučuje zároveň ročník druhý. Stejně tak druhý ročník vyučuje respondent 1, který současně vede biologické semináře ve třetím a čtvrtém ročníku, jakožto přípravu k maturitní zkoušce z biologie a přijímacím zkouškám na vysoké školy. Respondent 4 vede výuku biologie aktuálně na nižším gymnáziu v sekundě a tercii.

Otázka: V jakých ročnících o prvocích vyučujete?

Respondent 1 uvádí, že problematiku prvoků rozebírá během seminářů ve třetím i čtvrtém ročníku. Ve čtvrtém ročníku je jim věnována pozornost v maturitních otázkách. Výuka prvoků je zařazena do prvního ročníku vyššího gymnázia, kde se jim věnuje respondent 2 a 3. Respondent 4 se prvoky zabývá na nižším gymnáziu v primě, pokud vyučuje na vyšším gymnáziu, opět v prvním ročníku.

Otázka: Vedete biologické semináře?

Pouze jeden vyučující, kterým je respondent 1, vede na tomto gymnáziu semináře, během nichž se věnuje skupině jednobuněčných řas, heterotrofním volně žijícím prvokům, a také jednobuněčným parazitům. Ostatní vyučující, respektive respondenti, biologický seminář nevyučují.

Po podrobné analýze současné výuky biologie každého z respondentů následovaly otázky mapující subjektivní přístup vyučujících k výuce (zejména parazitických) prvoků.

Otázka 1: Zabýváte se ve výuce prvoků spíše volně žijícími nebo parazitickými prvoky?

Respondenti uvedli, že věnují pozornost jak skupině volně žijících, tak skupině parazitických prvoků. Respondent 1, 2 a 4 však upozorňují na to, že se snaží upozornit zejména na jednobuněčné parazity ve spojitosti s dopadem na lidský organismus. Respondent 1 zmínil také zájem o studium medicíny, kde jsou tyto znalosti žádoucí. Pro respondenta 4 jsou parazitičtí prvoci lépe uchopitelní ve výuce na nižším gymnáziu. Respondent 3 se k této otázce nevyjádřil rozsáhleji.

Otázka 2: Věnujete se při výuce skupiny protist (prvoků) některým ze zástupců jednobuněčných parazitů z následujícího seznamu: rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná), rod *Plasmodium* (zimnička), rod *Leishmania* (ničivka), *Naegleria fowleri*, *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná), *Lambliia intestinalis* (lamblie střevní)?

Respondent 1 se během biologických seminářů věnuje všem zmíněným zástupcům ze seznamu. Respondent 2 neuvádí během výuky rod *Leishmania* a zástupce *Naegleria fowleri*. Stejně tak uvedl respondent 3. Respondent 4 ve výuce žákům nižšího gymnázia zmiňuje rod *Trypanosoma*, *Plasmodium*, měňavku úplavičnou a lamblie střevní, zatímco na vyšším gymnáziu doplňuje také rod *Leishmania*. *Naegleria fowleri* není ve výuce respondenta 4 rozebírána.

Otázka 2 I.: Pokud ano, kolik času věnujete výuce těchto organismů?

Na tuto otázku připadaly relativně shodné odpovědi. Respondent 1 uvedl, že se parazitickým prvokům věnuje přibližně dvě až tři vyučovací hodiny, zde je nutno brát v úvahu, že respondent 1 vyučuje biologický seminář. Respondent 2 zmínil tematický plán, v němž je vymezena časová dotace sedm vyučovacích hodin, během nichž by vyučující měl věnovat pozornost celé skupině prvoků, avšak nebylo řečeno, kolik prostoru se v reálném čase tématu dostává. Zde zazněly také obavy z naplněného tematického plánu, který nutí vyučující k uspěchanému výkladu. Respondent 2 zmínil, že by řešené problematice rád věnoval více času. Respondentem 3 bylo řečeno pět až šest vyučovacích hodin, zároveň doplňuje stejně jako respondent 2, že téma zahrnuje velké množství informací. Respondent 4 pak uvedl, že na nižším gymnáziu bývá toto téma probíráno během dvou a půl vyučovacích hodin, k čemuž je výklad doplněn opakováním. Na vyšším gymnáziu se respondent 4 k problematice vyjadřuje po dobu tří vyučovacích hodin, které jsou doplněny dvouhodinovým praktickým cvičením.

Otázka 2 II.: Které informace se o těchto organismech snažíte předat – zabýváte se systematikou, fylogenezí, anatomii a morfologií, výskytem, významem pro člověka, či jinými oblastmi propojenými s tématem prvoků?

Zde se respondenti shodují na významu parazitických prvoků pro člověka a jejich dopad na lidský organismus, přičemž respondent 4 dále doplňuje jednoduchý taxonomický systém – uvádí např. skupinu měňavkoců a bičíkoců, u nichž žáci a žákyně pozorují rozdílnou stavbu buňky. Buněčnou stavbou prvoků navazuje respondent 4 na téma eukaryotické buňky, kde dochází k propojení učiva. Dále během výkladu užívá pojem „fylogeneze“, aby si žáci a žákyně pojem postupně osvojili a zapamatovali. S popisem a stavbou buňky se s respondentem 4 ztotožňuje respondent 2. Respondent 3 dle své odpovědi věnuje během vyučovacích hodin pozornost všem zmíněným oblastem, jež se dají s tématem parazitických prvoků propojit. Snahou respondenta 1 je zmínit zajímavosti k těmto organismům, jejich výskyt a jejich vliv na člověka. Systematiku zmiňuje, nepovažuje ji však za příliš podstatnou.

Otázka 3: Případá Vám téma prvoků při výuce biologie podstatné?

Všichni čtyři respondenti se shodují na tom, že téma parazitických prvoků má význam zejména kvůli onemocněním, která tyto organismy způsobují. Respondent 4 zdůrazňuje, že si není jist, zdali u mladších žáků je nutné zabíhat do přílišných podrobností.

Otázka 4: Pokud téma parazitických prvoků vyučujete, využíváte k výuce učebnice, materiál v podobě prezentací, či jiné výukové materiály?

Respondent 1 se při volbě výukových materiálů přiklání k odborné literatuře, z níž informace čerpá. Učebnice ve své výuce prakticky nevyužívá. Respondent 2 svou výuku doplňuje vlastními prezentacemi a pracovními listy, které mají za úkol žáky a žákyně více aktivizovat, zároveň ušetří čas, který je dále využit pro laboratorní práce. Respondent 3 jako první uvedl, že při výuce s žáky pracuje s učebnicí, dále používá digitální technologie, pomocí nichž žákům a žákyním zprostředkuje vizualizaci některých zástupců a laboratorních prací, které nemohou být ve vyučování provedeny. Také výuku doprovází prezentacemi. Podobně k výuce přistupuje respondent 4, který odkazuje na učebnici, ve vyučování však pracuje s vlastními prezentacemi, které následně umísťuje do Microsoft Teams, aby k nim žáci a žákyně měli přístup při následném doplňování informací a znalostí.

Otázka 5: Probíhají ve Vaší výuce na toto téma laboratorní práce, při kterých byste využíval/a např. trvalé laboratorní preparáty?

Respondent 2 a respondent 3 zařazují k teoretické výuce laboratorní práce, které jsou zaměřeny na pozorování volně žijících prvoků. Během praktických cvičení pracují žáci a žákyně se senným nálevem, v němž sledují trepky, popř. jiné organismy. Respondent 2 doplnil, že s žáky a žákyněmi pozorují trvalý preparát lamblie střevní a následně popisují její buněčnou stavbu. Respondent 1 uvedl, že z důvodu nevhodných trvalých preparátů se laboratorním cvičením příliš nevěnuje. Respondent 4 zmínil, že k dispozici laboratorní preparáty k tématu (parazitických) prvoků nemá. Dále uvedl problematiku práce s mikroskopem, kdy se na nižším gymnáziu žáci a žákyně prakticky k mikroskopům dostanou pouze v tercii a následně až na vyšším gymnáziu, přičemž je obtížné se při množství tříd do učebny biologie, v níž mikroskopy jsou, dostat. Za vhodných podmínek a dostupnosti biologické učebny na vyšším gymnáziu respondent 4 zařazuje do výuky přípravu senného nálevu a pozorování žáky a žákyněmi vytvořeného preparátu.

Otázka 5 I.: Zdají se vám materiály dostupné a kvalitní?

Respondent 1 a 4 upozornili ve svých odpovědích na aktualitu výukových materiálů. Respondent 1 zmínil, že učebnice nedovedou obsáhnout učivo tak, aby ho vedly k jejich aplikaci ve výuce. Respondent 2 a 3 odpověděli shodně – vnímají, že materiály k výuce řešené problematiky jsou dostupné, zároveň i kvalitní.

Otázka 6: Jakým způsobem ověřujete, že žáci dosáhli požadovaných znalostí v tomto tématu? Využíváte testy, „poznávačky“, on-line procvičování, ústní zkoušení, popř. jiné způsoby?

Respondent 1 ověřuje znalosti žáků a žákyň třemi způsoby, jimiž jsou test ze systematiky prvoků, „poznávačka“ zástupců a ústní zkoušení jakožto příprava na maturitní zkoušku z biologie. Respondent 2 pro získání přehledu o úrovni znalostí žáků používá testy a ústní zkoušení, přičemž drobné prověrky vkládá také do Microsoft Teams. Stejný postup volí respondent 3 – tedy písemné testy a ústní zkoušení. Respondent 4 neaplikuje ústní zkoušení, naopak využívá písemné testy, do nichž přidává bonusové otázky sloužící k motivaci žáků

a žákyň. Také byly zmíněny on-line kvízy, které by byly aplikovatelné např. v době distanční výuky.

Otázka 7: Konají se na této škole biologické semináře?

Otázka 7 I., II.: Pro jaké ročníky jsou semináře určené? Jakou mají časovou dotaci?

Všichni čtyři respondenti se shodli na odpovědi „Ano.“. Zároveň všichni uvedli, že časová dotace biologického semináře pro třetí ročník činí dvě vyučovací hodiny týdně, zatímco seminář pro čtvrtý ročník disponuje čtyřmi vyučovacími hodinami týdně.

Otázka 7 III.: Pokud ano, připadá Vám toto téma vhodnější pro biologické semináře či běžnou výuku, které se povinně účastní všichni žáci a žákyně?

Respondentovi 1 připadá téma parazitických prvoků vhodnější do biologického semináře, přesto si je vědom, že i v běžné výuce se problematika prvoků zmiňuje. Respondent 2 a 3 uvedli, že jim téma připadá vhodné do běžné výuky, aby všichni žáci a žákyně byli uvědomeni, s kterými organismy se mohou v praktickém životě setkat. Respondent 2 doplňuje, že rozšiřující informace jsou vhodné do biologického semináře. Stejně na tuto otázku reagoval respondent 4.

Otázka 8: Sledujete průběžně trendy pro výuku tohoto specifického tématu?

Respondenti 1 a 3 dále prohlubují znalosti v tomto biologickém tématu, přičemž respondent 3 konkrétně uvádí, že navštěvuje odborné semináře. Respondent 1 v minulosti po několik let navštěvoval Jihočeskou univerzitu v Českých Budějovicích, kam docházel na katedru parazitologie (součástí reakce na otázku 3). Respondenti 2 a 4 uvedli, že se blíže tématu nevěnují.

Otázka 9: Jaký je Váš vztah k tématu prvoků (volně žijících i parazitických) ve výuce biologie? Je pro Vás snadné, či obtížné předat informace z této oblasti biologie?

Pro respondenta 1 je téma protozoologie velmi zajímavé, neboť se rád odjakživa věnoval mikroskopování. Zároveň má v oblibě výuku tohoto tématu. Studenti dle jeho slov téma přijímají relativně neutrálně. Respondent 2 nevnímá téma jako obtížné, naopak vystihuje, že je možné ho žákům a žákyním představit zcela jednoduchou formou. Stejně jako respondent 1 uvádí oblíbenost praktické části výuky. Také respondent 3 neshledává toto téma obtížným.

Jeho cílem je předat základní informace, přičemž vnímá největší zájem v oblasti právě jednobuněčných parazitů. Respondent 4 považuje rozebíranou oblast biologie jako problematickou a obtížnou ke správnému uchopení. Zároveň dodává, že se zaměřuje na základní informace, které dovedou žáci a žákyně pochopit.

4 Diskuse

Z prvotní analýzy studia a učitelské praxe respondentů lze pozorovat určité rozdíly. Respondenti se v zásadě liší vysokoškolským studiem. Každý respondent studoval odlišný obor, všechny zmíněné obory však byly zaměřeny na učitelství biologie v kombinaci s dalším předmětem. Shody ve vysokoškolském studiu sledujeme na úrovni typu fakulty, kdy se ve dvou případech jedná o fakultu pedagogickou, v dalších dvou o přírodovědeckou fakultu. Mohlo by se zdát, že vysokoškolská docházka a rozsah zaměřené výuky významně ovlivňuje onen postoj a pohled na výuku, což koreluje s výsledky studie od Königa a Pflanzla (2016) popisující vztah rozsahu znalostí učitelů s kvalitou jejich výuky. Z odpovědí v dotazníku můžeme například pozorovat, že respondenti 1 a 3 se dále vzdělávali, či vzdělávají, kdy se jedná právě o absolventy přírodovědecké fakulty. Respondenti 1 a 3 zároveň navštěvovali stejnou univerzitu. Nedovedli však uvést, jakým způsobem jejich vysokoškolská docházka ovlivnila postoj k řešenému biologickému tématu, ačkoliv srovnání výsledků zcela jasně popisuje odlišnost v rozsahu jejich motivace k výuce.

Učitelská praxe všech respondentů přesahuje již deset let, je možné tedy konstatovat, že se jedná o zkušené pedagogy, kdy dle práce Graham et al. (2020) rozdílnost v kvalitě výuky funguje jako faktor především u pedagogů s praxí menší než 5 let. V současnosti pouze respondent 1 vyučuje biologické semináře pro třetí a čtvrtý ročník, zároveň vede výuku biologie ve druhém ročníku. Respondenti 2 a 3 vyučují aktuálně biologii na vyšším gymnáziu, zatímco respondent 4 v současnosti vyučuje pouze na nižším gymnáziu. S vyučováním v konkrétních ročnících úzce souvisí přístup k množství informací, které se pedagogové snaží předat vzhledem k požadavkům vzdělávacích programů (Vašutová a Spilková, 2011).

V případě otázky 1 bylo respondenty řečeno, že se věnují během výuky oběma skupinám prvoků (volně žijícím i parazitickým), přesto je však kladen důraz na jednobuněčné parazity v souvislosti s negativním dopadem na lidskou populaci. Tento fenomén se opakuje u všech vyučujících nehledě na to, zdali vedou výuku na nižším, vyšším gymnáziu, či rozšiřující biologický seminář.

Otázka 2 měla za úkol zmapovat, kterým zástupcům z parazitických prvoků se vyučující věnují, a na které kladou důraz. Pouze v rámci biologického semináře zmiňuje respondent 1

všechny uvedené zástupce, na něž byl dotázán. Respondenti 2 a 3 během výuky nevěnují pozornost rodu *Leishmania* a zástupci *Naegleria fowleri*. Respondent 4 obdobně na nižším gymnáziu tyto parazity nezmiňuje, rod *Leishmania* však uvádí žákům a žákyním vyššího gymnázia. Odpovědi jsou opět závislé na stupni vzdělávání. Můžeme si zde povšimnout rozdílu mezi respondenty 2, 3 a 4, kdy respondent 4 se při výuce biologie na vyšším gymnáziu rovněž vyjadřuje k rodu *Leishmania*, respondenti 2 a 3 nikoliv. V zásadě se jedná o subjektivní vyhodnocení důležitosti některých zástupců, které působí mírně paradoxně vzhledem k specifické vazbě největší historické epidemie *Naegleria fowleri* na území ČR (Kadlec et al., 1978). Zvolený objem učiva by také mohl být důsledkem vhodného časového managementu a dodržování časové dotace ve vyučování, která nutí pedagogy prioritizovat na bázi globálního významu nákaz.

Všichni respondenti se v rámci otázky 3 shodují, že téma parazitických prvoků patří mezi důležitá biologická témata z již zmíněného důvodu, čímž je negativní vliv na organismus člověka a onemocnění, která lidskou populaci doprovází v relativně velkých měřítcích (viz kapitola 1.3.4). Lze předpokládat, že pro žáky a žákyně budou parazitické prvoci představovat atraktivnější téma, které bude lépe zapamatovatelné. Téma jednobuněčných parazitů lze propojit nejen s biologií člověka, ale také lze upozorňovat na aktuality v oblasti vědy (např. vývoj vakcín), což žáky a žákyně vede k získávání všeobecného přehledu o světě (Reiss, 2022).

Odpovědi na otázku 5 jsou jistě překvapivé. Přestože se jedná o pedagogy stejné instituce, lze tu sledovat zásadní neshodu ve vnímání dostupnosti trvalých laboratorních preparátů sloužících k laboratorním cvičením doplňující teoretickou výuku. Každý respondent má k dispozici jiné preparáty, přičemž pravděpodobně nefunguje vzájemná komunikace, která by vedla k zapůjčení materiálů. Respondent 1 uvedl, že trvalé preparáty pro laboratorní cvičení má, bohužel je však nevyužívá, jelikož není přesvědčen o jejich kvalitě. Respondent 2 během výuky používá trvalý preparát lamblie střevní, ovšem respondent 4 si není vědom, že by na gymnáziu takové preparáty byly k dispozici. Respondent 3 neuvedl, že by využíval trvalý laboratorní preparát některého ze zástupců jednobuněčných parazitů. Rozdílné odpovědi mohou vést k zamyšlení, zdali pracoviště doprovází harmonické prostředí (Hallinger a Murphy, 1986). Nedostatek pomůcek může být také zapříčiněn finanční

nedostupností materiálů pro školu. V souvislosti s tímto dotazem bylo také zaznamenáno, že gymnázium disponuje pouze jednou učebnou biologie s mikroskopy, což vede ke komplikacím v případě velkého množství tříd, ve kterých probíhá výuka biologie. Žáci a žákyně se tedy téměř vůbec nesetkají s praktickou výukou během studia na gymnáziu (osmiletého i čtyřletého oboru), jež vede k lepšímu pochopení a zapamatování vyžadovaného učiva (Fleer, 2019).

Obecně lze tvrdit, že přístup k výukovým tématům napříč všemi předměty je značně ovlivněn oblíbeností daného tématu. Respondentům 2 a 3 se téma prvoků nezdá být složité a obtížné k uchopení ve výuce biologie, jak je rozebíráno v otázce 9. Naopak respondent 4 téma prvoků vnímá jako obtížné, což může být zapříčiněno jeho vnímáním tohoto téma již během vlastního studia. Respondent 1 má naopak výuku prvoků v oblibě. Zmiňuje, že se rád věnuje mikroskopování. Zajímavé však je, že se tento zájem nepromítá do vlastní výuky, jelikož bylo řečeno, že se mikroskopování při výuce z důvodu nevhodných preparátů nevěnuje. Pro zkvalitnění výuky by však četnější laboratorní cvičení měla velký potenciál (Fleer, 2019).

5 Závěr

Primární cílem této závěrečné práce byla komparace přístupů k výuce tématu prvoků na gymnáziu, jež byla doplněna o seznámení s vybranými jednobuněčnými parazity v teoretické části práce. Sběr dat byl uskutečněn pomocí dotazníkového šetření. Institucí zapojenou do kvalitativního výzkumu bylo Gymnázium Jiřího z Poděbrad v obci Poděbrady. Výzkumu se účastnili čtyři respondenti vyučující biologii. Byly stanoveny dvě hypotézy:

H₁ Na člověku parazitující zástupci prvoků jsou pro výuku atraktivnější vzhledem k zásadnímu významu pro lidskou populaci.

H₂ Navzdory průřezu významných zástupců parazitických prvoků nejsou v rámci běžné výuky biologie na Gymnázium Jiřího z Poděbrad zmiňováni všichni zástupci rozebírané v rešeršní části práce.

Na základě uvedených výsledků lze konstatovat, že došlo k naplnění výzkumného cíle, tedy k popsání a komparaci přístupů vyučujících biologie při výuce jednobuněčných organismů (zejména parazitických) v instituci Gymnázium Jiřího z Poděbrad. Díky výsledkům uskutečněného dotazníkového šetření bylo zmapováno, jakým způsobem pedagogové zmíněné instituce k výuce přistupují.

Z výsledků dotazníkového šetření u čtyř respondentů plyne, že byla potvrzena hypotéza 1, kdy právě parazitičtí prvoci představují pro vyučující biologie primární téma v oblasti jednobuněčných organismů vzhledem k jejich významu pro člověka. Hypotéza 2 byla též potvrzena. To dokazují výsledky, v nichž si můžeme všimnout, že *Naegleria fowleri* a rod *Leishmania* jsou v hodinách biologie zmiňovány méně či vůbec, na rozdíl od ostatních řešených zástupců.

Otázka řešení přehlacených studijních plánů je stále přítomna a je jí věnována v současnosti vysoká pozornost. Oblast pro další bádání v přístupech k výuce protistologie je nyní široce otevřena a představuje prostor k dalšímu zkoumání.

6 Seznam použitých informačních zdrojů

ACOSTA-VIRGEN, K.; CHÁVEZ-MUNGUÍA, B.; TALAMÁS-LARA, D.; LAGUNES-GUILLÉN, A.; MARTÍNEZ-HIGUERA, A.; LAZCANO, A.; MARTÍNEZ-PALOMO, A.; ESPINOSA-CANTELLANO, M., 2018. Giardia lamblia: Identification of peroxisomal-like proteins. *Experimental parasitology*, **191**: 36–43.

ADAM, R. D., 2001. Biology of Giardia lamblia. *Clinical microbiology reviews*, **14(3)**: 447–475.

ALI, S. A.; HILL, D. R., 2003. Giardia intestinalis. *Current opinion in infectious diseases*, **16(5)**: 453–460.

ALVAR, J.; VÉLEZ, I. D.; BERN, C.; HERRERO, M.; DESJEUX, P.; CANO, J.; JANNIN, J.; DEN BOER, M.; THE WHO LEISHMANIASIS CONTROL TEAM, 2012. Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PloS one*, **7(5)**: e35671.

ARTINO JR, A. R.; LA ROCHELLE, J. S.; DEZEE, K., J.; GEHLBACH, H., 2014. Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87. *Medical teacher*, **36(6)**: 463–474.

ASAMOAHA-ODEI, E.; CALLEJA, J. M. G.; BOERMA, J. T., 2004. HIV prevalence and trends in sub-Saharan Africa: no decline and large subregional differences. *The Lancet*, **364(9428)**: 35–40.

BAIG, A. M., 2016. Primary amoebic meningoencephalitis: neurochemotaxis and neurotropic preferences of Naegleria fowleri. *ACS chemical neuroscience*, **7(8)**: 1026–1029.

BARAL, T. N., 2010. Immunobiology of African trypanosomes: need of alternative interventions. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, **2010**: 1–24.

BARRÓN-GONZÁLEZ, M. P.; VILLARREAL-TREVIÑO, L.; RESÉNDEZ-PÉREZ, D.; MATA-CÁRDENAS, B. D.; MORALES-VALLARTAET, M. R., 2008. Entamoeba histolytica: cyst-like structures in vitro induction. *Experimental Parasitology*, **118(4)**: 600–603.

- BINGHAM, A. J.; DEAN, S.; CASTILLO, J., 2019. Qualitative comparative analysis in educational policy research: Procedures, processes, and possibilities. *Methodological Innovations*, **12(2)**: 2059799119840982.
- CACCIÒ, S. M.; RYAN, U., 2008. Molecular epidemiology of giardiasis. *Molecular and biochemical parasitology*, **160(2)**: 75–80.
- CARRANZA, P. G.; LUJAN, H. D., 2010. New insights regarding the biology of *Giardia lamblia*. *Microbes and infection*, **12(1)**: 71–80.
- CIBULSKIS, R. E.; AREGAWI, M.; WILLIAMS, R.; OTTEN, M.; DYE, CH.; 2011. Worldwide incidence of malaria in 2009: estimates, time trends, and a critique of methods. *PLoS medicine*, **8(12)**: e1001142.
- COLLINS, W. E.; JEFFERY, G. M., 2005. *Plasmodium ovale*: parasite and disease. *Clinical microbiology reviews*, **18(3)**: 570–581.
- COLLINS, W. E.; JEFFERY, G. M., 2007. *Plasmodium malariae*: parasite and disease. *Clinical microbiology reviews*, **20(4)**: 579–592.
- COPE, J. R.; MURPHY, J.; KAHLER, A.; GORBETT, D. G.; ALI, I.; TAYLOR, B.; CORBITT, L.; ROY, S.; LEE, N.; ROELLIG, D.; BREWER, S.; HILL, V. R., 2018. Primary amebic meningoencephalitis associated with rafting on an artificial whitewater river: case report and environmental investigation. *Clinical Infectious Diseases*, **66(4)**: 548–553.
- COULTHARD, M., 2014. *An introduction to discourse analysis*. Routledge. ISBN 978-0-582-55379-8.
- ČERMÁKOVÁ, Z.; VOXOVÁ, B.; RYŠKOVÁ, O.; VALENTA, Z.; PLÍŠKOVÁ, L.; LESNÁ, J.; FÖRSTL, M.; BUCHTA, V.; PLÍŠEK, S.; PRÁŠIL, P.; BOLEHOVSKÁ, R., 2008. *Giardia intestinalis* – zajímavý střevní prvok. *Folia Gastroenterologica et Hepatologica*, **6(1)**: 24–30.
- DE MENEZES, J. P. B.; GUEDES, C. E. S.; DE OLIVIERA ALEMIDA PETERSEN, A. L.; FRAGA, D. B. M.; SAMPAIO TAVARES VERAS, P., 2015. Advances in development of new treatment for leishmaniasis. *BioMed research international*, **2015**: 1–11.

- DE SOUZA, W., 2009. Structural organization of *Trypanosoma cruzi*. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, **104**: 89–100.
- DIRO, E.; LYNEN, L.; RITMEIJER, K.; BOELAERT, M.; HAILU, A.; VAN GRIENSVEN, J., 2014. Visceral leishmaniasis and HIV coinfection in East Africa. *PLoS neglected tropical diseases*, **8(6)**: e2869.
- DOLEŽAL, P.; ŠMÍD, O.; RADA, P.; ZUBÁČOVÁ, Z.; BURSAC, D.; SUTÁK, R., NEBESÁŘOVÁ, J.; LITHGOW, T.; TACHEZY, J., 2005. Giardia mitosomes and trichomonad hydrogenosomes share a common mode of protein targeting. *PNAS: Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **102(31)**: 10924–10929.
- EFSTATHIOU, A.; SMIRLIS, D., 2021. Leishmania protein kinases: important regulators of the parasite life cycle and molecular targets for treating leishmaniasis. *Microorganisms*, **9(4)**: 691.
- ESCH, K. J.; PETERSEN, C. A., 2013. Transmission and epidemiology of zoonotic protozoal diseases of companion animals. *Clinical microbiology reviews*, **26(1)**: 58–85.
- FENDRICH, Z., 2005. Malárie a její léčba. *Klinická farmakologie a farmacie*, **19(2)**: 89–94.
- FENG, Y.; XIAO, L., 2011. Zoonotic potential and molecular epidemiology of Giardia species and giardiasis. *Clinical microbiology reviews*, **24(1)**: 110–140.
- FENN, K.; MATTHEWS, K. R., 2007. The cell biology of *Trypanosoma brucei* differentiation. *Current opinion in microbiology*, **10(6)**: 539–546.
- FÈVRE, E. M., et al., 2006. Human African trypanosomiasis: epidemiology and control. *Advances in parasitology*, **61**: 167–221.
- FLEER, M., 2019. Scientific playworlds: A model of teaching science in play-based settings. *Research in Science Education*, **49(5)**: 1257–1278.
- FRANCO, J. R.; SIMARRO, P. P.; DIARRA, A.; RUIZ-POSTIGO, J. A.; JANNIN, J. G., 2014. The journey towards elimination of gambiense human African trypanosomiasis: not far, nor easy. *Parasitology*, **141(6)**: 748–760.

- GHARPURE, R.; BLITON, J.; GOODMAN, A.; ALI, I. K. M.; YODER, J.; COPE, J. R., 2021. Epidemiology and clinical characteristics of primary amebic meningoencephalitis caused by *Naegleria fowleri*: a global review. *Clinical Infectious Diseases*, **73(1)**: 19–27.
- GHOSH, S.; PADALIA, J.; MOONAH, S., 2019. Tissue destruction caused by *Entamoeba histolytica* parasite: cell death, inflammation, invasion, and the gut microbiome. *Current clinical microbiology reports*, **6(1)**: 51–57.
- GILLIN, F. D.; REINER, D. S.; MCCAFFERY, J. M., 1996. Cell biology of the primitive eukaryote *Giardia lamblia*. *Annual review of microbiology*, **50(1)**: 679–705.
- GOTO, H.; LINDOSO, J. A. L., 2010. Current diagnosis and treatment of cutaneous and mucocutaneous leishmaniasis. *Expert review of anti-infective therapy*, **8(4)**: 419–433.
- GRACE, E.; ASBILL, S.; VIRGA, K., 2015. *Naegleria fowleri*: pathogenesis, diagnosis, and treatment options. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, **59(11)**: 6677–6681.
- GRAHAM, L. J.; WHITE, S. L. J.; COLOGON, K.; PIANTA, R. C., 2020. Do teachers' years of experience make a difference in the quality of teaching? *Teaching and teacher education*, **2020(96)**: 103190.
- GRYM, J.; KOBLIHA, J., 2004. Je infestace komenzálnými amébami vždy skutečně asymptomatická? *Pediatric pro praxi*, **7(2)**: 93–95.
- HALDAR, K.; MOHANDAS, N., 2009. Malaria, erythrocytic infection, and anemia. *ASH Education Program Book*, **2009(1)**: 87–93.
- HALLINGER, P.; MURPHY, J. F., 1986. The social context of effective schools. *American Journal of Education*, **94(3)**: 328–355.
- HAMPL, V., 2010. Diverzita parazitů. *Živa*, **2010(5)**: 200–201.
- HAUSMANN, K.; HÜLSMANN, N., 2003. *Protozoologie*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0978-7.
- HOOFT VAN HUIJSDUIJNEN, R.; WELLS, T.; TANNER, M.; WITTLIN, S., 2019. Two successful decades of Swiss collaborations to develop new anti-malarials. *Malaria journal*, **18(1)**: 1–7.

HOWES, R. E.; BATTLE, K. E.; MENDIS, K. N.; SMITH, D. L.; CIBULSKIS, R. E.; BAIRD, J. K.; HAY, S. I., 2016. Global epidemiology of Plasmodium vivax. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, **95(6)** Suppl: 15.

JÍRA, J., 2009. *Lékařská protozoologie*. Protozoální nemoci. První vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-381-5.

JUNAIDI, J.; CAHYANINGSIH, U.; PURNAWARMAN, T.; LATIF, H.; SUDARNIKA, E.; HAYATI, Z.; MUSLINA, M., 2020. Entamoeba histolytica neglected tropical diseases (NTDs) agents that infect humans and some other mammals: A review. In: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. s. 01019.

KADLEC, V.; ČERVA, L.; ŠKVÁROVÁ, J., 1978. Virulent Naegleria fowleri in an indoor swimming pool. *Science*, **201(4360)**: 1025–1025.

KANTOR, M.; ABRANTES, A.; ESTEVEZ, A.; SCHILLER, A.; TORRENT, J.; GASCON, J.; HERNANDEZ, R.; OCHNER CH., 2018. Entamoeba histolytica: updates in clinical manifestation, pathogenesis, and vaccine development. *Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology*, **2018**: 1–6.

KAYE, P.; SCOTT, P., 2011. Leishmaniasis: complexity at the host–pathogen interface. *Nature reviews microbiology*, **9(8)**: 604–615.

KÖNIG, J.; PFLANZL, B., 2016. Is teacher knowledge associated with performance? On the relationship between teachers' general pedagogical knowledge and instructional quality. *European Journal of Teacher Education*, **39(4)**: 419–436.

LEECH, N. L.; ONWUEGBUZIE, A. J., 2008. Qualitative data analysis: A compendium of techniques and a framework for selection for school psychology research and beyond. *School psychology quarterly*, **23(4)**: 587.

LEGER, M. M., et al., 2017. Organelles that illuminate the origins of Trichomonas hydrogenosomes and Giardia mitosomes. *Nature ecology & evolution*, **1(4)**: 0092.

Leishmaniasis, 2023. *World Health Organization* [online]. [cit. 6.4.2023]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis>

- LIPOLDOVÁ, M., 2014. Giardia and Vilém Dušan Lambl. *PLOS: Neglected Tropical Diseases*, **8(5)**: 1–4.
- LIU, B.; LIU, Y.; MOTYKA, S. A.; AGBO, E. E. C.; ENGLUND, P. T., 2005. Fellowship of the rings: the replication of kinetoplast DNA. *Trends in parasitology*, **21(8)**: 363–369.
- LONG, S.; PROBER, CH.; FISCHER, M., 2017. Giardia intestinalis (Giardiasis). *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases*. 5. vyd. Elsevier. 1688 s. ISBN 9780323461320.
- LUKEŠ, J. Dva „staré“ druhy trypanozom – petite mutanti trypanozomy spavičné. *Živa*, **2010(5)**: 202–203.
- LUKEŠ, J.; GUILBRIDE, D. L.; VOTÝPKA, J.; ZÍKOVÁ, A.; BENNE, R.; ENGLUND, P. T., 2002. Kinetoplast DNA network: evolution of an improbable structure. *Eukaryotic cell*, **1(4)**: 495–502.
- MACHADO, F. S.; DUTRA, W. O.; ESPER, L.; GOLLOB, K. J.; TEIXEIRA, M. M.; FACTOR, S. M.; WEISS, L. M.; NAGAJYOTHI, F.; TANOWITZ, H. B.; GARG, N. J., 2012. Current understanding of immunity to Trypanosoma cruzi infection and pathogenesis of Chagas disease. In: *Seminars in immunopathology*. Springer-Verlag, s. 753–770.
- Malaria, 2020. *CDC* [online]. [cit. 22.02.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/#tabs-1-5>
- MALFITANO, A.; INVERNIZZI, R., 2021. Images from the Haematologica Atlas of Hematologic Cytology: trypanosomiasis. *Haematologica*, **106(10)**: 2537.
- MALIK, L. H.; SINGH, G. D.; AMSTERDAM, E. A., 2015. Chagas heart disease: an update. *The American journal of medicine*, **128(11)**: 1251. e7–1251. e9.
- MALVY, D.; CHAPPUIS, F., 2011. Sleeping sickness. *Clinical Microbiology and Infection*, **17(7)**: 986–995.
- MARCHAT, L. A.; HERNÁNDEZ-DE LA CRUZ, O. N.; RAMÍREZ-MORENO, E.; SILVA-CÁZARES, M. B.; LÓPEZ-CAMARILLO, C., 2020. Proteomics approaches to understand cell biology and virulence of Entamoeba histolytica protozoan parasite. *Journal of proteomics*, **226**: 103897.

- MARTÍN-ESCOLANO, J.; MARÍN, C.; ROSALES, M. J.; TSAOUSIS, A. D.; MEDINA-CARMONA, E.; MARTÍN-ESCOLANO, R., 2022. An updated view of the trypanosoma cruzi life cycle: Intervention points for an effective treatment. *ACS Infectious Diseases*, **8(6)**: 1107–1115.
- MARTÍNEZ, A. J., 1977. Free-living amebic meningoencephalitides: comparative study. *Neurologia, neurocirugia, psiquiatria*, **18(2)** Suppl: 391–401.
- MEHLITZ, D.; MOLYNEUX, D. H., 2019. The elimination of Trypanosoma brucei gambiense? Challenges of reservoir hosts and transmission cycles: Expect the unexpected. *Parasite Epidemiology and Control*, **6**: e00113.
- MEUNIER, A.; SAWAMOTO, K.; SPASSKY, N., 2020. Ependyma. In: *Patterning and cell type specification in the developing CNS and PNS*. Academic Press. s. 1021–1036.
- MILLS, R. M., 2020. Chagas disease: epidemiology and barriers to treatment. *The American journal of medicine*, **133(11)**: 1262–1265.
- MITCHELL, P., 2015. *Sanitation, latrines and intestinal parasites in past populations*. Ashgate Publishing, Ltd. ISBN 9781472449078.
- MOUGNEAU, E.; BIHL, F.; GLAICHENHAUS, N., 2011. Cell biology and immunology of Leishmania. *Immunological reviews*, **240(1)**: 286–296.
- Naegleria fowleri, 2022. CDC [online]. [cit. 06.04.2023]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/naegleria/pathogen.html>
- NAIYER, S.; BHATTACHARYA, A.; BHATTACHARYA, S., 2019. Advances in Entamoeba histolytica biology through transcriptomic analysis. *Frontiers in Microbiology*, **10**: 1921.
- NASRALLAH, J.; AKHOUNDI, M.; HAOUCHINE, D.; MARTEAU, A.; MANTELET, S.; WIND, P.; BENAMOUZIG, R.; BOUCHAUD, O.; DHOTE, R.; IZRI, A., 2022. Updates on the worldwide burden of amoebiasis: A case series and literature review. *Journal of Infection and Public Health*, **15(12)**: 1134–1141.
- NAVRÁTILOVÁ, Z.; PATOČKA, J., 2012. Bioaktivní látky pelyňku ročního (Artemisia annua L.) a jejich uplatnění v terapii malárie. *Kontakt*, **14(4)**: 505–513.

- NOHÝNKOVÁ, E.; TUMOVÁ, P.; KULDA, J., 2006. Cell division of *Giardia intestinalis*: flagellar developmental cycle involves transformation and exchange of flagella between mastigonts of a diplomonad cell. *Eukaryotic cell*, **5(4)**: 753–761.
- NOVÁK, L.; NOVÁK VANCLOVÁ, A., 2018. Kdo ztrácí, nalézám! Život bez semiautonómnych organel. *Živa*, **2018(1)**: 26-28.
- NOVOTNÁ, M., 2019. *Virulenční faktory Entamoeba histolytica*. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta.
- OGDEN, G. B.; MELBY, P. C., 2009. Leishmania. In: *Encyclopedia of Microbiology*. Elsevier Inc. s. 663–673.
- PAGARO, P. M.; JADHAV, P., 2013. Hematological aspects in malaria. *Medical Journal of Dr. DY Patil University*, **6(2)**: 175.
- Parasites – African trypanosomiasis, 2020A. CDC [online]. [cit. 22.02.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/sleepingsickness/biology.html>
- Parasites – African trypanosomiasis, 2020B. CDC [online]. [cit. 22.02.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/sleepingsickness/diagnosis.html>
- Parasites – African trypanosomiasis, 2020C. CDC [online]. [cit. 22.02.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/sleepingsickness/treatment.html>
- Parasites – African trypanosomiasis, 2020D. CDC [online]. [cit. 22.02.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/sleepingsickness/prevent.html>
- Parasites – Giardia, 2021A. CDC [online]. [cit. 18.11.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/giardia/pathogen.html>
- Parasites – Giardia, 2021B. CDC [online]. [cit. 18.11.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/giardia/prevention-control.html>
- Parasites – Leishmaniasis, 2020. CDC [online]. [cit. 22.02.2022]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/leishmaniasis/prevent.html>

- PEINL, R.; RIZK, B.; SZABAD, R., 2020. Open source speech recognition on edge devices. In: *2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*. IEEE, s. 441–445.
- PLUTZER, J.; ONGERTH, J.; KARANIS, P., 2010. Giardia taxonomy, phylogeny and epidemiology: Facts and open questions. *International journal of hygiene and environmental health*, **213(5)**: 321–333.
- PORTMAN, N.; ŠLAPETA, J., 2014. The flagellar contribution to the apical complex: a new tool for the eukaryotic Swiss Army knife? *Trends in parasitology*, **30(2)**: 58–64.
- QUIÑONES, W.; ACOSTA, H.; GONCALVES, C. S.; MOTTA, M. C. M.; GUALDRÓN-LÓPEZ, M.; MICHELS, P. A. M., 2020. Structure, properties, and function of glycosomes in *Trypanosoma cruzi*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **10**: 25.
- RANSON, H.; LISSENDEN, N., 2016. Insecticide resistance in African Anopheles mosquitoes: a worsening situation that needs urgent action to maintain malaria control. *Trends in parasitology*, **32(3)**: 187–196.
- READY, P. D., 2014. Epidemiology of visceral leishmaniasis. *Clinical epidemiology*, **6**: 147–154.
- REBIH, N.; BOUTAIBA, S.; ABOUALCHAMAT, G.; SOUTTOU, K.; HAKEM, A.; NAHHAS, S. A., 2020. Molecular and epidemiological characterization of *Giardia intestinalis* assemblages detected in Djelfa, Algeria. *Journal of parasitic diseases*, **44**: 281–288.
- REISS, M. J. T., 2022. Science Education and Vaccines. *Science & Education*, **31(5)**: 1263–1280.
- RODITI, I.; SCHWARZ, H.; PEARSON, T. W.; BEECROFT, R. P.; LIU, M. K.; RICHARDSON, J. P.; BÜHRING, H. J.; PLEISS, J.; BÜLOW, R.; WILLIAMS, R. O., 1989. Procyclin gene expression and loss of the variant surface glycoprotein during differentiation of *Trypanosoma brucei*. *The Journal of cell biology*, **108(2)**: 737–746.

ROSS, A.; MAIRE, N.; MOLINEAUX, L.; SMITH, T., 2006. An epidemiologic model of severe morbidity and mortality caused by Plasmodium falciparum. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, **75**(2): 63–73.

SALASSA, B. N.; ROMANO, P. S., 2019. Autophagy: a necessary process during the Trypanosoma cruzi life-cycle. *Virulence*, **10**(1): 460–469.

SHERMAN, I. W., 1979. Biochemistry of Plasmodium (malarial parasites). *Microbiological reviews*, **43**(4): 453–495.

SCHAMBER-REIS, B. L. F.; NARDELLI, S.; RÉGIS-SILVA, C. G.; CAMPOS, P. C.; CERQUEIRA, P. G.; LIMA, S. A.; FRANCO, G. R.; MACEDO, A. M.; PENA, S. D. J.; CAZAUX, C.; HOFFMANN, J. S.; MOTTA, M. C. M.; SCHENKMAN, S.; TEIXEIRA, S. M. R.; MACHADO, C. R., 2012. DNA polymerase beta from Trypanosoma cruzi is involved in kinetoplast DNA replication and repair of oxidative lesions. *Molecular and biochemical parasitology*, **183**(2): 122–131.

SNOW, R. W., 2015. Global malaria eradication and the importance of Plasmodium falciparum epidemiology in Africa. *BMC medicine*, **13**(1): 1–3.

SOLBACH, W.; LASKAY, T., 1999. The host response to Leishmania infection. *Advances in immunology*, **74**: 275–317.

STAINES, H. M.; KRISHNA, S., 2012. *Treatment and prevention of malaria: antimalarial drug chemistry, action and use*. Springer Science & Business Media. ISBN 978-3-0346-0479-6.

Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. SÚKL: ©2010A [cit. 19.11.2022]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0002427&tab=texts>

Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. SÚKL: ©2010A [cit. 19.11.2022]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0002427&tab=texts>

Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. SÚKL: ©2010B [cit. 19.11.2022]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0258019&tab=texts>

Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. SÚKL: ©2010B [cit. 19.11.2022]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0258019&tab=texts>

- STAUFFER, W.; RAVDIN, J. I., 2003. Entamoeba histolytica: an update. *Current opinion in infectious diseases*, **16(5)**: 479–485.
- STEVERDING, D., 2017. The history of leishmaniasis. *Parasites & vectors*, **10(1)**: 1–10.
- SUCHOPÁR, J., 1999. *Remedia Compendium*. 3. přeprac. a rozš. vyd. Praha: PANAX. ISBN 80-902126-5-4.
- SUNTER, J.; GULL, K., 2017. Shape, form, function and Leishmania pathogenicity: from textbook descriptions to biological understanding. *Open biology*, **7(9)**: 170165.
- ŠTEFÁNEK, J., nedatováno. Pyrexie. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. [cit. 12.04.2023]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/pyrexie>
- TANABE, K., et al., 2010. Plasmodium falciparum accompanied the human expansion out of Africa. *Current Biology*, **20(14)**: 1283–1289.
- TIZIFA, T. A.; KABAGHE, N. A.; MCCANN, R. S.; BERG, H. VAN DEN; VUGT M. V.; PHIRI, K. S., 2018. Prevention efforts for malaria. *Current tropical medicine reports*, **5**: 41–50.
- TRABELSI, H.; DENDANA, F.; SELLAMI, A.; SELLAMI, H.; CHEIKHROUHOU, F.; NEJI, S.; MAKNI, F.; AYADI, A., 2012. Pathogenic free-living amoebae: epidemiology and clinical review. *Pathologie Biologie*, **60(6)**: 399–405.
- TYLER, K. M.; OLSON, C. L.; ENGMAN, D. M., 2003. The life cycle of Trypanosoma cruzi. *American Trypanosomiasis*, **7**: 1–11.
- VAŠUTOVÁ, J.; SPILKOVÁ, V., 2011. Teacher education in Czech Republic. *European Dimensions of Teacher Education—Similarities and Differences*, 193–224.
- VISVESVARA, G. S.; MOURA, H.; SCHUSTER, F. L., 2007. Pathogenic and opportunistic free-living amoebae: Acanthamoeba spp., Balamuthia mandrillaris, Naegleria fowleri, and Sappinia diploidea. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, **50(1)**: 1–26.
- WALLER, R. F.; MCCONVILLE, M. J., 2002. Developmental changes in lysosome morphology and function Leishmania parasites. *International journal for parasitology*, **32(12)**: 1435–1445.

- WESEL, J., SHUMAN, J.; BASTUZEL, I.; DICKERSON, J., INGRAM-SMITH, CH., 2021. Encystation of entamoeba histolytica in axenic culture. *Microorganisms*, **9(4)**: 873.
- WILD, A., nedatováno. Ploštice Triatoma sanguisuga [foto]. In: *Featured creatures* [online]. [cit. 31.03.2023]. Dostupné z: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/triatoma_sanguisuga.htm
- WOLFFE, A., 1998. *Chromatin: structure and function*. Academic press. 1 s. ISBN 0-12-761915-1.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), et al., 2020. Ending the neglect to attain the Sustainable Development Goals: a road map for neglected tropical diseases 2021–2030.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), et al., 2022. *World malaria report 2022*. World Health Organization.
- ZIBAEI, M.; FIROOZEH, F.; AZARGOON, A., 2012. Infantile amoebiasis: A case report. *Case Reports in Infectious Diseases*. **2012**: 1–3.
- ZICHA, O., 2006A. Lutzomyia. *Biolib-Biological library* [online]. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id223890/>
- ZICHA, O., 2006B. Naegleria fowleri. *Biolib-Biological library* [online]. [cit. 20.02.2023]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id166433/>
- ZIMMERMAN, P. A.; HOWES, R. E., 2015. Malaria diagnosis for malaria elimination. *Current opinion in infectious diseases*, **28(5)**: 446–454.
- Životní cyklus T. cruzi, 2011. *WikiMedia Commons* [online]. [cit. 06.04.2023]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trypanosoma_cruzi_LifeCycle_cs.png
- Životní cyklus trypanozóm přenášejících spavou nemoc, 2011. *WikiMedia Commons* [online]. [cit. 06.04.2023]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AfrTryp_LifeCycle_cs.png

7 Seznam příloh

Příloha 1: Přepis rozhovorů s vyučujícími Gymnázia Jiřího z Poděbrad

Příloha 1: Přepis rozhovorů s vyučujícími Gymnázia Jiřího z Poděbrad

Respondent 1

Studium respondenta 1:

Otázka: Na které vysoké škole jste studoval/a?

Respondent 1: „*Studoval jsem na Karlově univerzitě.*“

Otázka: Kterou fakultu jste navštěvoval/a?

Respondent 1: „*Přírodovědeckou fakultu.*“

Otázka: Který obor jste studoval/a? Byl Váš obor zaměřen na učitelství biologie, či odbornou biologii?

Respondent 1: „*Studoval jsem obor biologie a matematika se zaměřením na vzdělávání.*“

Otázka: Setkal/a jste se s tématem prvoků na vysokoškolských kurzech (např. v kurzu protistologie, parazitologie, zoologie bezobratlých či algologie)?

Respondent 1: „*Ano byl jsem s tématem seznámen na přednáškách, ale nijak výrazně si to nepamatuji.*“

Otázka: Jak jste byl/a s tématem seznámen/a?

Respondent 1: „*Otázkou je, co vše považujete za protista. Tenkrát pojem protista se nijak výrazně neuváděl. Měli jsme předměty zabývající se například nižšími rostlinami, bakteriologií, nefotosyntetizujícím prvokům jsme se věnovali v rámci živočichů.*“

Otázka: Byla na toto téma vedena laboratorní praktika, nebo jste se setkal/a pouze s teoretickou výukou?

Respondent 1: „*Předpokládám, že z dnešního pohledu jsme měli laboratorní práce na jednobuněčné řasy v rámci botaniky, to určitě. V rámci živočichů si nepamatuji, zdali jsme měli nějaká laboratorní praktika. Pouze si vzpomínám na pitvy.*“

Otázka: Do jaké míry vysokoškolská výuka ovlivnila Váš postoj k tomuto tématu?

Respondent 1: „*Jelikož je to dávno, nedovedu odpovědět.*“

Délka učitelské praxe respondenta 1:

Otázka: Jaká je délka Vaší učitelské praxe?

Respondent 1: „*34 let.*“

Otázka: Kolik let vyučujete na tomto gymnáziu?

Respondent 1: „*Na tomto gymnáziu vyučuji 33 let.*“

Otázka: Kde jste učil/a před praxí na tomto gymnáziu? Jak dlouho praxe trvala?

Respondent 1: „*Půl roku jsem vyučoval na základní škole.*“

Otázka: Učíte aktuálně pouze zde na gymnáziu, či současně na jiné škole?

Respondent 1: „*Aktuálně vyučuji pouze tady.*“

Současná výuka biologie respondenta 1:

Otázka: V jakých ročnících aktuálně biologii vyučujete?

Respondent 1: „*Aktuálně vyučuji 2. ročník a semináře pro 3. a 4. ročník.*“

Otázka: V jakých ročnících o prvocích vyučujete?

Respondent 1: „*Já osobně vyučuji o prvocích na semináři pro třetí ročník. A také ve čtvrtém ročníku v rámci maturitních otázek.*“

Otázka: Vedete biologické semináře?

Respondent 1: „*Ano, pro třetí a čtvrtý ročník vyššího gymnázia.*“

Otázka: Vyučujete během biologických seminářů téma prvoků zahrnující skupiny:

- jednobuněčné řasy.

Respondent 1: „*Ano.*“

- heterotrofní volně žijící prvoci.

Respondent 1: „*Ano.*“

- jednobuněční paraziti.

Respondent 1: „*Ano.*“

Otázky k výuce tématu prvoků:

Otázka: Zabýváte se ve výuce prvoků spíše volně žijícími nebo parazitickými prvoky?

Respondent 1: „*Vzhledem k tomu, že spousta studentů chce jít po gymnáziu na medicínu, zabývám se spíše těmi parazitickými, aby o nich měli nějakou bližší představu. I když si myslím, že ve vlastní výuce je to tak padesát na padesát.*“

Otázka: Věnujete se při výuce skupiny protist (prvoků) některým ze zástupců jednobuněčných parazitů z následujícího seznamu: rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná), rod *Plasmodium* (zimnička), rod *Leishmania* (ničivka), *Naegleria fowleri*, *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná), *Lambliia instestinalis* (lamblie střevní)?

- rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná)

Respondent 1: „*Samozřejmě.*“

- rod *Plasmodium* (zimnička)

Respondent 1: „*Ano.*“

- rod *Leishmania* (ničivka)

Respondent 1: „*Ano.*“

- *Naegleria fowleri*

Respondent 1: „*Ano.*“

- *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná)

Respondent 1: „*Ano.*“

- *Lambliia instestinalis* (lamblie střevní)

Respondent 1: „*Ano.*“

Otázka: Pokud ano, kolik času věnujete výuce těchto organismů?

Respondent 1: „*Těžko říci, kdyby se to shrnulo, tak dvě až tři vyučovací hodiny.*“

Otázka: Které informace se o těchto organismech snažíte předat – zabýváte se systematikou, fylogenezí, anatomii a morfologií, výskytem, významem pro člověka, či jinými oblastmi propojenými s tématem prvoků?

Respondent 1: „*Spíše výskytem, významem pro člověka, kde se těmito organismy mohou studenti setkat, a jaké by to pro ně mohlo mít důsledky. Takže samozřejmě máme to i v rámci systému, ale to nepovažuji za tak důležité. Spíš nějaké zajímavosti k těmto organismům.*“

Otázka: Případá Vám téma prvoků při výuce biologie podstatné?

Respondent 1: „*Z mého pohledu ano. Protože je zajímavé a důležité. Já jsem byl silně ovlivněn vzděláváním na parazitologii na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích, kam jsem jezdil x let na školení a ta mě silně ovlivnila. Tam mi ukázali ten parazitologický svět, takže jsem se o tom hodně dozvěděl. Pokládám toto pracoviště za kvalitní a uznávané, takže jsem jím výrazně ovlivněn, i když tam teď už nejezdím.*“

Otázka: Pokud téma parazitických prvoků vyučujete, využíváte k výuce učebnice, materiál v podobě prezentací, či jiné výukové materiály?

Respondent 1: „*Používám materiály, které jsem získal na parazitologické katedře v Českých Budějovicích a knihu o parazitech, na jejíž název ani autora si nyní nevzpomenu. Učebnice prakticky nevyužívám. Spíš zdroje mimo učebnice.*“

Otázka: Probíhají ve Vaší výuce na toto téma laboratorní práce, při kterých byste využíval/a např. trvalé laboratorní preparáty?

Respondent 1: „*Nějaké trvalé preparáty jsem získal na katedře parazitologie v Českých Budějovicích. Popravdě řečeno, ti prvoci tam jsou v takových formách např. ve formě spor, což není příliš hezké, takže spíš ne.*“

Otázka: Zdají se vám materiály dostupné a kvalitní?

Respondent 1: „*Materiály pro toto téma nejsou aktuální. Já bych řekl „voják se stará, voják má“, takže když po té literatuře půjdete, tak ji dohledáte. Učebnice nemají šanci zahrnout všechno učivo biologie do té míry, aby mi to vyhovovalo.*“

Otázka: Jakým způsobem ověřujete, že žáci dosáhli požadovaných znalostí v tomto tématu? Využíváte testy, „poznávačky“, on-line procvičování, ústní zkoušení, popř. jiné způsoby?

Respondent 1: *„Mám tři formy. Ústní zkoušení při přípravě na maturitu. Pak poznávačky podle fotografií. A test ze systému.“*

Otázka: Konají se na této škole biologické semináře?

Respondent 1: *„Ano.“*

Otázka: Pro jaké ročníky jsou semináře určené? Jakou mají časovou dotaci?

Respondent 1: *„Semináře jsou určené pro třetí a čtvrtý ročník. Ve třetím ročníku jsou to dvě vyučovací hodiny týdně, ve čtvrtém čtyři vyučovací hodiny týdně.“*

Otázka: Pokud ano, připadá Vám toto téma vhodnější pro biologické semináře či běžnou výuku, které se povinně účastní všichni žáci a žákyně?

Respondent 1: *„Téma mi přijde vhodnější pro semináře, i když v běžné výuce se to samozřejmě také probírá. V semináři se tomuto tématu můžete věnovat s takovým nadhledem, což je pro mě příjemnější.“*

Otázka: Sledujete průběžně trendy pro výuku tohoto specifického tématu?

Respondent 1: *„Ano.“*

Otázka: Jaký je Váš vztah k tématu prvoků (volně žijících i parazitických) ve výuce biologie? Je pro Vás snadné, či obtížné předat informace z této oblasti biologie?

Respondent 1: *„Vzhledem k tomu, že mám v oblibě mikroskopování, je pro mě protozoologie jedno z nejzajímavějších biologických témat. Rád o něm učím. Hledal jsem i prvoky a řasy tady v okolí. A studenti na toto téma reagují řekl bych neutrálně, nemyslím si, že by ten vztah k tématu byl pozitivní, ani negativní.“*

Respondent 2

Studium respondenta 2:

Otázka: Na které vysoké škole jste studoval/a?

Respondent 2: „*Studovala jsem v Ústí nad Labem, tedy na Univerzitě J. E. Purkyně.*“

Otázka: Kterou fakultu jste navštěvoval/a?

Respondent 2: „*Pedagogickou fakultu.*“

Otázka: Který obor jste studoval/a? Byl Váš obor zaměřen na učitelství biologie, či odbornou biologii?

Respondent 2: „*Studovala jsem biologii a chemii se zaměřením na vzdělávání.*“

Otázka: Setkal/a jste se s tématem prvoků na vysokoškolských kurzech (např. v kurzu protistologie, parazitologie, zoologie bezobratlých či algologie)?

Respondent 2: „*Ano. Určitě jsme se to učili. Vzpomínám si na zoologii bezobratlých.*“

Otázka: Jak jste byl/a s tématem seznámen/a?

Respondent 2: „*Přiznám se, že už si na toto téma u příliš nevzpomínám.*“

Otázka: Byla na toto téma vedena laboratorní praktika, nebo jste se setkal/a pouze s teoretickou výukou?

Respondent 2: „*Omlouvám se, ale opravdu si nevzpomenou.*“

Otázka: Do jaké míry vysokoškolská výuka ovlivnila Váš postoj k tomuto tématu?

Respondent 2: „*Jelikož si nevzpomínám, nedokážu Vám odpovědět.*“

Délka učitelské praxe respondenta 2:

Otázka: Jaká je délka Vaší učitelské praxe?

Respondent 2: „*Vyučuji zde od roku 2002, 6 let jsem byla na mateřské dovolené. Učím tedy 15 let.*“

Otázka: Kolik let vyučujete na tomto gymnáziu?

Respondent 2: „Zmíněných 15 let, protože jsem nikde jinde neučila.“

Otázka: Učíte aktuálně pouze zde na gymnáziu, či současně na jiné škole?

Respondent 2: „Vyučuji jen zde.“

Současná výuka biologie respondenta 2:

Otázka: V jakých ročnících aktuálně biologii vyučujete?

Respondent 2: „Vyučuji v prvním, druhém a třetím ročníku vyššího gymnázia.“

Otázka: V jakých ročnících o prvocích vyučujete?

Respondent 2: „Prvoci se vyučují v prvním ročníku.“

Otázka: Vedete biologické semináře?

Respondent 2: „Ne.“

Otázky k výuce tématu prvoků:

Otázka: Zabýváte se ve výuce prvoků spíše volně žijícími nebo parazitickými prvoky?

Respondent 2: „Zmiňuji v hodinách obojí. Zmiňuji určité ty parazitické, protože je to úzce propojeno s dopadem na člověka. Přiznám se, že nedokážu říct, která z těch skupin převažuje. Když nad tím tak přemýšlím, možná jsou v převaze právě ti paraziti, jelikož jsou zajímavější a významnější, jelikož mohou působit právě na člověka.“

Otázka: Věnujete se při výuce skupiny protist (prvoků) některým ze zástupců jednobuněčných parazitů z následujícího seznamu: rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná), rod *Plasmodium* (zimnička), rod *Leishmania* (ničivka), *Naegleria fowleri*, *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná), *Lambliia intestinalis* (lamblie střevní)?

- rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná)

Respondent 2: „Ano.“

- rod *Plasmodium* (zimnička)

Respondent 2: „*Ano.*“

- rod *Leishmania* (ničivka)

Respondent 2: „*Ne.*“

- *Naegleria fowleri*

Respondent 2: „*Ne, tohoto zástupce nezmiňuji.*“

- *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná)

Respondent 2: „*Ano.*“

- *Lamblia instestinalis* (lamblie střevní)

Respondent 2: „*Ano, lamblii střevní také zmiňuji.*“

Otázka: Pokud ano, kolik času věnujete výuce těchto organismů?

Respondent 2: „*Obecně na prvoky mám podle tematického plánu vymezeno sedm hodin v prosinci. Kolik je to v reálném čase, je otázkou. Někdy to může být i déle, ale v prvním ročníku je těch témat mnoho, takže se člověk naopak snaží časovou dotaci dodržovat, aby vše stihnul. Ač bych se tomu ráda více věnovala, tak na to není dostatek prostoru.*“

Otázka: Které informace se o těchto organismech snažíte předat – zabýváte se systematikou, fylogenezí, anatomii a morfologií, výskytem, významem pro člověka, či jinými oblastmi propojenými s tématem prvoků?

Respondent 2: „*Zejména se tedy zabýváme působením parazitů právě na člověka, dále jejich výskytem, hostiteli, ale také si zmiňujeme popis a stavbu buňky.*“

Otázka: Případá Vám téma prvoků při výuce biologie podstatné?

Respondent 2: „*Jistě bych téma úplně nevynechala. Nemyslím si, že to patří mezi nejpodstatnější témata, ale zmínka by jistě padnout měla, zejména u těch parazitů. Tam si zmiňujeme také např. *Toxoplasma gondii* a upozorňuji na to děvčata, proč by si měla dávat pozor. Také ráda k tomuto tématu zařadím laboratorní práce.*“

Otázka: Pokud téma parazitických prvoků vyučujete, využíváte k výuce učebnice, materiál v podobě prezentací, či jiné výukové materiály?

Respondent 2: „Mám připravené prezentace a abychom nemuseli stále jen psát do sešitu, připravila jsem pracovní listy, do kterých si pak žáci a žákyně informace doplňují. Pracovní list představuje jakousi formu zápisu. Tím nám pak zbude více času na zmíněné laboratorní práce.“

Otázka: Probíhají ve Vaší výuce na toto téma laboratorní práce, při kterých byste využíval/a např. trvalé laboratorní preparáty?

Respondent 2: „Laboratorní práce děláme. Žáci a žákyně dostávají za úkol přípravu senného nálevu, ve kterém pak pozorují trepky. Také ale máme trvalý preparát např. s lamblíí střevní, kterou si pak popisujeme.“

Otázka: Zdají se vám materiály dostupné a kvalitní?

Respondent 2: „Zdá se mi, že ano.“

Otázka: Jakým způsobem ověřujete, že žáci dosáhli požadovaných znalostí v tomto tématu? Využíváte testy, „poznávačky“, on-line procvičování, ústní zkoušení, popř. jiné způsoby?

Respondent 2: „Určitě ústní zkoušení a testy. Od distanční výuky za covidu využíváme Microsoft Teams, kam posílám domácí úkoly a třeba nějaké malé testy na různá témata, včetně těch prvoků.“

Otázka: Konají se na této škole biologické semináře?

Respondent 2: „Ano.“

Otázka: Pro jaké ročníky jsou semináře určené? Jakou mají časovou dotaci?

Respondent 2: „Semináře jsou určené pro třetí a čtvrtý ročník. Ve třetím ročníku jsou to dvě vyučovací hodiny týdně, ve čtvrtém čtyři vyučovací hodiny týdně.“

Otázka: Pokud ano, připadá Vám toto téma vhodnější pro biologické semináře či běžnou výuku, které se povinně účastní všichni žáci a žákyně?

Respondent 2: „Myslím si, že by toto téma měli slyšet všichni. Určitě je vhodné pak na semináři téma rozšířit.“

Otázka: Sledujete průběžně trendy pro výuku tohoto specifického tématu?

Respondent 2: „Přiznám se, že nesleduji.“

Otázka: Jaký je Váš vztah k tématu prvoků (volně žijících i parazitických) ve výuce biologie? Je pro Vás snadné, či obtížné předat informace z této oblasti biologie?

Respondent 2: *„Nepřipadá mi to nějak náročné téma, dá se podat i jednoduchou formou pro ty, kteří se dál o biologii nebudou zajímat. Jinak se sama ráda věnuji právě té praktické části v podobě laboratorní práce, protože vidím, že to žáky a žákyně baví. Mohla bych toto téma zařadit mezi ty oblíbenější.“*

Respondent 3

Studium respondenta 3:

Otázka: Na které vysoké škole jste studoval/a?

Respondent 3: „*Studovala jsem v Praze na Karlově univerzitě.*“

Otázka: Kterou fakultu jste navštěvoval/a?

Respondent 3: „*Přírodovědeckou fakultu Karlovy univerzity.*“

Otázka: Který obor jste studoval/a? Byl Váš obor zaměřen na učitelství biologie, či odbornou biologii?

Respondent 3: „*Studovala jsem obor biologie a chemie se zaměřením na vzdělávání.*“

Otázka: Setkal/a jste se s tématem prvoků na vysokoškolských kurzech (např. v kurzu protistologie, parazitologie, zoologie bezobratlých či algologie)?

Respondent 3: „*Jistě ano. Přiznám se ale, že si konkrétně nepamatuji.*“

Otázka: Jak jste byl/a s tématem seznámen/a?

Respondent 3: „*Bohužel nedokážu na tuto otázku odpovědět, protože si to už nepamatuji.*“

Otázka: Byla na toto téma vedena laboratorní praktika, nebo jste se setkal/a pouze s teoretickou výukou?

Respondent 3: „*Nevzpomínám si.*“

Otázka: Do jaké míry vysokoškolská výuka ovlivnila Váš postoj k tomuto tématu?

Respondent 3: „*Nedokážu odpovědět.*“

Délka učitelské praxe respondenta 3:

Otázka: Jaká je délka Vaší učitelské praxe?

Respondent 3: „*Po škole jsem 36 let, přičemž 6 roků jsem byla na mateřské dovolené.*“

Otázka: Kolik let vyučujete na tomto gymnáziu?

Respondent 3: „*Na toto gymnázium jsem nastoupila před pětadvaceti lety.*“

Otázka: Kde jste učil/a před praxí na tomto gymnáziu? Jak dlouho praxe trvala?

Respondent 3: „*Vyučovala jsem pět let na gymnáziu v Nymburce.*“

Otázka: Učíte aktuálně pouze zde na gymnáziu, či současně na jiné škole?

Respondent 3: „*Nevyučuji na jiné škole, pouze tady.*“

Současná výuka biologie respondenta 3:

Otázka: V jakých ročnících aktuálně biologii vyučujete?

Respondent 3: „*Nyní vyučuji biologii v prvním a třetím ročníku.*“

Otázka: V jakých ročnících o prvocích vyučujete?

Respondent 3: „*V prvním ročníku.*“

Otázka: Vedete biologické semináře?

Respondent 3: „*Ne.*“

Otázky k výuce tématu prvoků:

Otázka: Zabýváte se ve výuce prvoků spíše volně žijícími nebo parazitickými prvoky?

Respondent 3: „*Ve svých hodinách se věnuji oběma skupinám zhruba stejně.*“

Otázka: Věnujete se při výuce skupiny protist (prvoků) některým ze zástupců jednobuněčných parazitů z následujícího seznamu: rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná), rod *Plasmodium* (zimnička), rod *Leishmania* (ničivka), *Naegleria fowleri*, *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná), *Lambliia intestinalis* (lamblie střevní)?

- rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná)

Respondent 3: „*Ano.*“

- rod *Plasmodium* (zimnička)

Respondent 3: „*Ano.*“

- rod *Leishmania* (ničivka)

Respondent 3: „*Ne.*“

- *Naegleria fowleri*

Respondent 3: „*Ne.*“

- *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná)

Respondent 3: „*Ano.*“

- *Lambliia instestinalis* (lamblie střevní)

Respondent 3: „*Také ano.*“

Otázka: Pokud ano, kolik času věnujete výuce těchto organismů?

Respondent 3: „*Ono je to téma poměrně obsáhlé. Odhaduji, že tomu věnuji zhruba pět až šest vyučovacích hodin.*“

Otázka: Které informace se o těchto organismech snažíte předat – zabýváte se systematikou, fylogenezí, anatomii a morfologií, výskytem, významem pro člověka, či jinými oblastmi propojenými s tématem prvoků?

Respondent 3: „*Řekla bych, že všemu, co jste jmenovala.*“

Otázka: Případá Vám téma prvoků při výuce biologie podstatné?

Respondent 3: „*Řekla bych, že určitě ano. Jistě významní jsou právě ti parazité ve spojitosti s onemocněními u člověka.*“

Otázka: Pokud téma parazitických prvoků vyučujete, využíváte k výuce učebnice, materiál v podobě prezentací, či jiné výukové materiály?

Respondent 3: „*Využívám učebnice, prezentace. Často si také prostřednictvím videí na YouTube ukazujeme některé zástupce, nebo i laboratorní práce, které nemáme možnost zde na škole provádět. Když je dostatek času, pouštíme si film, ve kterém jsou prvoci zmíněni.*“

Otázka: Probíhají ve Vaší výuce na toto téma laboratorní práce, při kterých byste využíval/a např. trvalé laboratorní preparáty?

Respondent 3: „*Během laboratorních prací s žáky a žákyněmi připravujeme senný nálev na pozorování trepek.*“

Otázka: Zdají se vám materiály dostupné a kvalitní?

Respondent 3: „*Já si myslím, že ano.*“

Otázka: Jakým způsobem ověřujete, že žáci dosáhli požadovaných znalostí v tomto tématu? Využíváte testy, „poznávačky“, on-line procvičování, ústní zkoušení, popř. jiné způsoby?

Respondent 3: „*Ústní zkoušení a prověrky, tedy testy.*“

Otázka: Konají se na této škole biologické semináře?

Respondent 3: „*Ano.*“

Otázka: Pro jaké ročníky jsou semináře určené? Jakou mají časovou dotaci?

Respondent 3: „*Semináře jsou určené pro třetí a čtvrtý ročník. Ve třetím ročníku jsou to dvě vyučovací hodiny týdně, ve čtvrtém čtyři vyučovací hodiny týdně.*“

Otázka: Pokud ano, připadá Vám toto téma vhodnější pro biologické semináře či běžnou výuku, které se povinně účastní všichni žáci a žákyně?

Respondent 3: „*Za zmínku to jistě stojí u všech, aby měli povědomí, že se s něčím takovým mohu setkat. Ne v nějaké rozsáhlé míře, ale jistě základní informace a zástupce je dobré zmínit. Nejdůležitější jsou ti paraziti.*“

Otázka: Sledujete průběžně trendy pro výuku tohoto specifického tématu?

Respondent 3: „*Snažím se. Navštěvuji různé semináře, lze tedy říct, že ano.*“

Otázka: Jaký je Váš vztah k tématu prvoků (volně žijících i parazitických) ve výuce biologie? Je pro Vás snadné, či obtížné předat informace z této oblasti biologie?

Respondent 3: „*Obtížné ne. Snažím se předat zejména základ. Myslím si, že nejvíce všechny zajímají právě paraziti, co způsobují nebo kde se mohou nakazit.*“

Respondent 4

Studium respondenta 4:

Otázka: Na které vysoké škole jste studoval/a?

Respondent 4: „*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.*“

Otázka: Kterou fakultu jste navštěvoval/a?

Respondent 4: „*Navštěvovala jsem pedagogickou fakultu.*“

Otázka: Který obor jste studoval/a? Byl Váš obor zaměřen na učitelství biologie, či odbornou biologii?

Respondent 4: „*Studovala jsem učitelství biologie a tělocviku pro střední školu.*“

Otázka: Setkal/a jste se s tématem prvoků na vysokoškolských kurzech (např. v kurzu protistologie, parazitologie, zoologie bezobratlých či algologie)?

Respondent 4: „*Rozhodně. Bylo to náročné. Určitě jsme se tímto tématem zabývali v zoologii, druhý ročník, první semestr. V rámci botaniky jsme pak řešili jednobuněčné a mnohobuněčné řasy, což bylo v prvním ročníku.*“

Otázka: Jak jste byl/a s tématem seznámen/a?

Respondent 4: „*Měli jsme výborná cvičení v rámci různých předmětů, třeba právě zoologie nebo botanika.*“

Otázka: Byla na toto téma vedena laboratorní praktika, nebo jste se setkal/a pouze s teoretickou výukou?

Respondent 4: „*K teoretické výuce jsme měli praktika, kde jsme pozorovali, zakreslovali a popisovali, určovali. Praktika byla k řádnému seznámení s těmito organismy určitě potřeba.*“

Otázka: Do jaké míry vysokoškolská výuka ovlivnila Váš postoj k tomuto tématu?

Respondent 4: „*Pamatuji si, že jsme tomu tenkrát moc nerozuměli. Bylo to celkem obtížné téma. Myslím si, že i dnes s tím mají děti potíže. Zástupce a zařazení jsme tenkrát znali perfektně ze středních škol, ale praktické pozorování jsme se učili až právě na té vysoké škole.*“

Délka učitelské praxe respondenta 4:

Otázka: Jaká je délka Vaší učitelské praxe?

Respondent 4: „*Na střední škole vyučuji dvacet pět let. Vyučuji tělesnou výchovu a biologii, případně přírodopis na nižším gymnáziu.*“

Otázka: Kolik let vyučujete na tomto gymnáziu?

Respondent 4: „*Dvacet pět let.*“

Otázka: Kde jste učil/a před praxí na tomto gymnáziu? Jak dlouho praxe trvala?

Respondent 4: „*Učila jsem pouze jeden rok paralelně na základní škole.*“

Otázka: Učíte aktuálně pouze zde na gymnáziu, či současně na jiné škole?

Respondent 4: „*Pouze zde.*“

Současná výuka biologie respondenta 4:

Otázka: V jakých ročnících aktuálně biologii vyučujete?

Respondent 4: „*V současné době učím v sekundě a v tercii.*“

Otázka: V jakých ročnících o prvocích vyučujete?

Respondent 4: „*O prvocích vyučuji v primě. Navazujeme na téma buňky. Jinak se o prvocích také učí na vyšším gymnáziu v prvním ročníku.*“

Otázka: Vedete biologické semináře?

Respondent 4: „*Ne.*“

Otázky k výuce tématu prvoků:

Otázka: Zabýváte se ve výuce prvoků spíše volně žijícími nebo parazitickými prvoky?

Respondent 4: „*Vzhledem k tomu, že nyní vyučuji na nižším gymnáziu, tedy druhém stupni, tak se snažím zaměřit zejména na parazity a propojit toto téma s nemocemi a člověkem.*“

Otázka: Věnujete se při výuce skupiny protist (prvoků) některým ze zástupců jednobuněčných parazitů z následujícího seznamu: rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná), rod *Plasmodium* (zimnička), rod *Leishmania* (ničivka), *Naegleria fowleri*, *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná), *Lambliia instestinalis* (lamblie střevní)?

- rod *Trypanosoma* (např. trypanozoma spavičná)

Respondent 4: „Rozhodně ano.“

- rod *Plasmodium* (zimnička)

Respondent 4: „Ano.“

- rod *Leishmania* (ničivka)

Respondent 4: „Až právě na vyšším gymnáziu. U nižšího gymnázia ne.“

- *Naegleria fowleri*

Respondent 4: „Ne.“

- *Entamoeba histolytica* (měňavka úplavičná)

Respondent 4: „Rozhodně ano.“

- *Lambliia instestinalis* (lamblie střevní)

Respondent 4: „Ano, v souvislosti s průjmovými onemocněními.“

Otázka: Pokud ano, kolik času věnujete výuce těchto organismů?

Respondent 4: „Věnuji tomu zhruba dvě a půl vyučovací hodiny bez opakování, když se tedy bavíme o tom nižším gymnáziu. Na vyšším by to byly tři vyučovací hodiny a dvouhodinové praktické cvičení.“

Otázka: Které informace se o těchto organismech snažíte předat – zabýváte se systematikou, fylogenezí, anatomii a morfologií, výskytem, významem pro člověka, či jinými oblastmi propojenými s tématem prvoků?

Respondent 4: „Určitě nejprve zmíním obecnou charakteristiku, čímž navazuji na eukaryotickou buňkou. U nižších ročníků nastiňuji velmi jednoduše systém, zmíním např. měňavkovce, bičíkovce a tak dále, aby dokázali na základě stavby buňky skupiny rozlišit.“

Mimo ty parazity zmiňuji také rozsivky, mřížovce, dírkonošce. Fylogenezi zmiňuji, abychom si připomínali tento pojem, aby ho slyšeli. Jistě ho ode mě slyšeli mnohokrát. Například u mřížovců uvádím, že se jedná o fylogeneticky starou skupinu, ale nevím, zdali se nejedná pouze o „průtokovou“ informaci. Pak také řešíme význam pro člověk. Musejí v testu určit, který zástupce má negativní či pozitivní dopad na živočicha nebo člověka.“

Otázka: Připadá Vám téma prvků při výuce biologie podstatné?

Respondent 4: „Zmínit bychom je určitě měli. Z hlediska veterinárního a humánní medicíny to jistě pro žáky a žákyně význam má, ale nevím, jestli se dovedou všichni v tomto tématu dobře orientovat a pochopit třeba rozdělování do jednotlivých taxonomických skupin a podobně. Důležité to je, ale nevím, zdali bychom, zejména u těch mladších, měli zacházet do detailů.“

Otázka: Pokud téma parazitických prvků vyučujete, využíváte k výuce učebnice, materiál v podobě prezentací, či jiné výukové materiály?

Respondent 4: „Odkazuji na učebnici, ale hlavně vytvářím prezentace, které jim vkládám na Microsoft Teams, aby do ní mohli znovu nahlédnout. Případně jim pouštím videa, třeba pozorování pohybu bičíkoců.“

Otázka: Probíhají ve Vaší výuce na toto téma laboratorní práce, při kterých byste využíval/a např. trvalé laboratorní preparáty?

Respondent 4: „K prvkům asi laboratorní preparáty nemáme. Z histologie by tam mohly být nějaké krevní nátěry. Na nižším gymnáziu jinak vůbec pod mikroskopem nepozorujeme, jelikož až v tercii se učí práce s mikroskopy. Problémem je, že my se nedostaneme do učebny, kde mikroskopy jsou, jelikož probíhá výuka biologie třeba ve čtyřech třídách a biologická učebna je pouze jedna. S mikroskopy se tedy setkají spíše až na vyšším gymnáziu, kde také připravujeme senný nálev.“

Otázka: Zdají se vám materiály dostupné a kvalitní?

Respondent 4: „Na internetu toho dohledáte opravdu hodně. Otázkou je, zdali je všechno pravda. Jak jde věda kupředu a mění se například systém, pokud nenavštěvujete třeba odborné semináře, kde se nové informace uvádějí, nedovedete říct, jestli to, co najdete je pravda nebo ne. Snažím se to tedy brát povrchově a příliš se do toho neponořuji.“

Otázka: Jakým způsobem ověřujete, že žáci dosáhli požadovaných znalostí v tomto tématu? Využíváte testy, „poznávačky“, on-line procvičování, ústní zkoušení, popř. jiné způsoby?

Respondent 4: *„Vzhledem k tomu, že je to těžší téma, volím lehčí variantu. Dávám otázky s výběrem správné odpovědi. Testy pak doplním bonusovými otázkami, kde jsou třeba obrázky a děti mají za úkol doplnit název organismu. Ústní zkoušení si zde netroufám. Člověk by je tím zkoušením musel neustále vést a nemluvili by sami. V distanční výuce bych volila případně nějaký kvíz.“*

Otázka: Konají se na této škole biologické semináře?

Respondent 4: *„Ano.“*

Otázka: Pro jaké ročníky jsou semináře určené? Jakou mají časovou dotaci?

Respondent 4: *„Semináře jsou určené pro třetí a čtvrtý ročník. Ve třetím ročníku jsou to dvě vyučovací hodiny týdně, ve čtvrtém čtyři vyučovací hodiny týdně.“*

Otázka: Pokud ano, připadá Vám toto téma vhodnější pro biologické semináře či běžnou výuku, které se povinně účastní všichni žáci a žákyně?

Respondent 4: *„Určitě by se základem měli být seznámeni všichni, ale je to obtížné téma. Nějaké rozšiřující informace bych volila pro biologický seminář.“*

Otázka: Sledujete průběžně trendy pro výuku tohoto specifického tématu?

Respondent 4: *„Obávám se, že ne, ale dávám si samozřejmě pozor, abych neuváděla nepravdivé informace.“*

Otázka: Jaký je Váš vztah k tématu prvoků (volně žijících i parazitických) ve výuce biologie? Je pro Vás snadné, či obtížné předat informace z této oblasti biologie?

Respondent 4: *„Je pro mě obtížné jim to podat takovou formou, aby to pochopili. Snažím se to zjednodušit a věřím, že tu základní „kostru“ problematiky zvládnou pochopit. Nechci po nich detaily. Jsem ale ráda, když odpovídají na bonusové otázky v testech.“*