

Blastocystis v lidském gastrointestinálním traktu – komenzál nebo „tichý“ patogen?

Kühnelová S.¹, Rožnovský L.², Doležilková J.³, Maďar R.¹

¹Ústav epidemiologie a ochrany veřejného zdraví LF OU

²Klinika infekčního lékařství FNO a Katedra interních oborů LF OU

³Oddělení parazitologie a lékařské zoologie Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě

SOUHRN

Blastocystis je jednobuněčný anaerobní mikroorganismus, osídluje lidský i zvířecí gastrointestinální trakt (GIT). Je nejhojnějším zástupcem eukaryot nalézáných v lidské stolici a osídluje asi miliardu lidí po celém světě. I přes četný výskyt není jasná jeho přímá patogenita a jeho postavení mezi jinými významnějšími parazity GIT. Nález *Blastocystis* bývá spojován s různými nespecifickými soubory příznaků, jako jsou průjem, bolesti břicha, plynatost, nevolnost, tento mikroorganismus bývá často diagnostikován u pacientů se syndromem dráždivého tračníku, ulcerózní kolitidou či kopřivkou. Kontroverze přetrvávají zejména z důvodu přítomnosti *Blastocystis* i u asymptomatických pacientů a pro nejasný mechanismus potenciální patogenity. Rovněž léčba nemá jasně dané doporučené postupy z výše uvedených důvodů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Blastocystis – patogen – komenzál – infekce

ABSTRACT

Kühnelová S., Rožnovský L., Doležilková J., Maďar R.: *Blastocystis* in the human gastrointestinal tract – commensal or “silent” pathogen?

Blastocystis is a unicellular anaerobic microorganism inhabiting the human and animal gastrointestinal tract (GIT). It is the most abundant representative of eukaryotes reported in human feces and found in approx. a billion people worldwide. Despite the common occurrence, its direct pathogenicity and status among other, more significant, GIT parasites remain unclear. *Blastocystis* colonization is associated with various non-specific clusters of symptoms, such as diarrhea, abdominal pain, flatulence, or nausea and is often diagnosed in patients with irritable bowel syndrome, ulcerative colitis, or urticaria. Controversy persists mainly because of the detection of *Blastocystis* even in asymptomatic patients and the unclear mechanism of its potential pathogenicity. Also, for the reasons mentioned above, no treatment guidelines are available.

KEY WORDS

Blastocystis – pathogen – commensal – infection

Epidemiol Mikrobiol Imunol, 2025; 74(2): 118–125
<https://doi.org/10.61568/emi/11-6492/20250428/140419>

ÚVOD

Blastocystis je jednobuněčný organismus osidluje trávicí trakt lidí i zvířat, konkrétně tlusté střevo [1, 2]. Není zcela zřejmé, zda je přítomnost tohoto mikroorganismu pouhou kolonizací nebo zda je klinicky významná, a proto je jeho postavení v rámci jiných parazitů lidského gastrointestinálního traktu nejasné. Přenáší se fekálně-orální cestou a na základě publikovaných přehledů může být *Blastocystis* přítomna až u 1 miliardy lidí, jde tak o nejčastěji detekovaného eukaryotního zástupce v lidské stolici [3, 4]. Jde o polymorfní jednobuněčný mikroorganismus z kmene Stramenopila, třídy Bigyra, byť nemá morfologii typickou pro zástupce této skupiny [1, 2]. V průběhu evoluce došlo u *Blastocystis*

k redukci genomu, což vedlo ke ztrátě některých metabolických drah a organel, včetně genů pro biosyntézu bičíku a peroxisomů, a k úpravám mitochondrií, což podporuje adaptaci na prostředí střeva hostitele a anaerobní způsob života [5]. *Blastocystis* zahrnuje geneticky rozmanité subtypy, které se vyskytují u různých hostitelů a jsou předmětem výzkumu z hlediska jejich přenosu mezi lidmi a zvířaty [3].

TAXONOMIE

Izoláty *Blastocystis* získané ze stolice lidí byly dříve označovány jako *Blastocystis hominis*, izoláty ze zvířecích vzorků pouze jako *Blastocystis* sp. (bylo publikováno

pouze několik hostitelsky specifických jmen) [6]. Vzhledem k rozsáhlé genetické diverzitě tohoto organismu i mezi jednotlivými subtypy je však vhodnější označovat všechny savčí a ptačí izoláty jako *Blastocystis* sp. a přiřazovat je k subtypům od 1 do 9, neboť s ohledem na fakt, že člověka může infikovat více zvířecích subtypů, by hostitelsky specifické pojmenování v tomto případě mohlo být zavádějící [6, 7].

Blastocystis má nejisté postavení mezi jinými významnějšími střevními parazity lidí, jedná se o jednobuněčného prvoka s parazitickým potenciálem. Dle taxonomického systému Adl et al. (2019) patří *Blastocystis* do kmene Stramenopila v superskupině SAR, což je zkratka vzniklá z počátečních písmen kmenů Stramenopila, Alveolata a Rhizaria. Heterogenní skupina Stramenopila zahrnuje jednobuněčné i mnohobuněčné organismy, mezi známější a klinicky významné parazity se do skupiny Alveolata řadí například *Plasmodium falciparum*, *Babesia microti*, *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium parvum* či *Balantidium coli* [8].

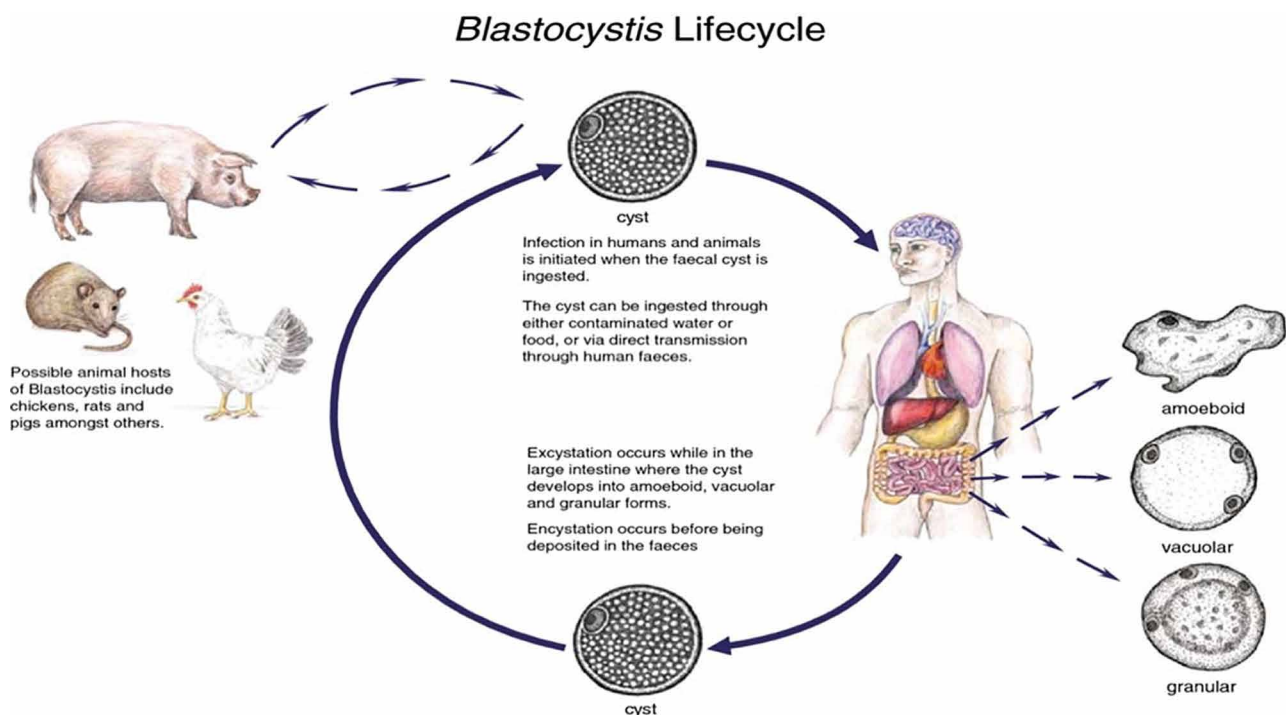
Kvůli značné genetické diverzitě byl zaveden systém jednotlivých subtypů (ST). Ty se mezi sebou liší zejména velikostí genomu, obsahem guanin-cytosinových bází a celkovým obsahem genů [9]. V kontextu jiných parazitních organismů by bylo možné tyto subtypy považovat za rovnocenné druhy, ale pro nedostatek morfologických rozdílů a nízkou korelaci osídlení jednotlivých subtypů s konkrétním hostitelem je určení konsenzuální taxonomie obtížné [9]. Doposud bylo ob-

jeveno minimálně 17 subtypů *Blastocystis*, z toho 9 jich bylo nalezeno u lidí (přičemž nejčastěji jde o ST1, ST2 a ST21). Výskyt subtypů v epidemiologických studiích ve světě je ovlivněn několika faktory, jako jsou environmentální a geografické podmínky, výběr diagnostické metody či vlastnosti daného subtypu *Blastocystis* a samotného hostitele [10].

Blastocystis je polymorfní organismus a může se vyskytovat v granulární, vakuolární, améboidní či cystické formě [11]. Jak je uvádí Mandell [12], všechny čtyři formy obsahují stejnou sadu organel, ale jsou mezi nimi významné morfologické rozdíly: nejčastější formou detekovanou ve vzorcích stolice je vakuolární forma charakterizovaná velkou centrální vakuolou, s velmi proměnlivou velikostí buňky, nejčastěji však mezi 4 a 15 μm . Granulární forma je charakteristická intracytoplazmatickými či intravakuolárními granulemi. Améboidní forma je vzácná a předpokládá se, že hraje roli v patogenezi onemocnění GIT. Cystická forma má velikost 2–5 μm [12].

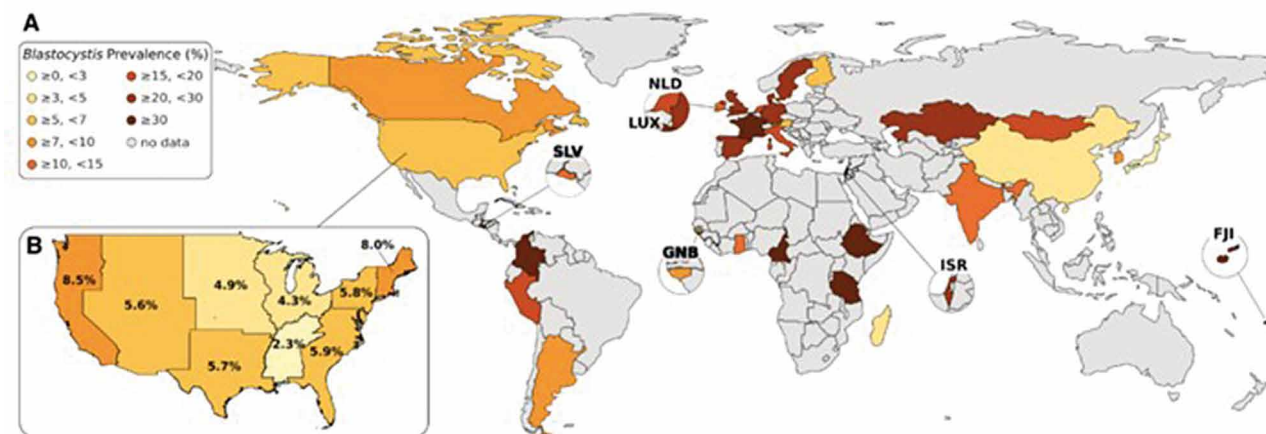
Vzhledem k morfologické diverzitě *Blastocystis* sp. a nesjednocenému diagnostickému postupu v jednotlivých zemích, není životní cyklus a mechanismus přenosu zatím plně objasněn [13]. Cystická forma je zřejmě infekční stadium *Blastocystis* [14]. Cysty jsou schopny přežít mimo tělo hostitele, kam jsou vylučovány se stolicí [2, 7]. V tlustém a slepém střevě může *Blastocystis* excystovat do vakuolární formy a dalším binárním dělením se změnit do améboidní či granulární

Formy a životní cyklus



Obr. 1. Životní cyklus *Blastocystis* dle Robertse et al., 2014

Figure 1. *Blastocystis* life cycle according to Roberts et al., 2014



Obr. 2. Celková prevalence *Blastocystis* dle Piperni et al., 2024.

Figure 2. Overall prevalence of *Blastocystis* according to Piperni et al., 2024

formy [15, 16, 17, 18]. Poté se encystuje a se stolicí je vyloučena ven z těla [2]. Jisté paralely lze například najít s životním cyklem *Cryptosporidium parvum*, významného lidského parazita z kmene Apicomplexa [8], který způsobuje průjemové onemocnění a nespecifické symptomy – např. nevolnost, zvracení či bolesti břicha, přičemž škála závažnosti infekce sahá od asymptomatického průběhu až k život ohrožujícím stavům u imunokompromitovaných pacientů [19, 20]. Tento mikroorganismus rovněž existuje ve formě odolných cyst a je vyučován stolicí [21]. Přenáší se fekálně-orální cestou nebo nepřímo přes kontaminovanou vodu, potraviny, ale i kontaminovanou obuv či oblečením [20, 21]. Po požití sporulovaných oocyst hostitelem se spory excystují do infekčního stadia sporozoitů, které jsou pohyblivé a aktivně napadají hostitelské buňky [22, 23]. Následnou asexuální a sexuální reprodukci vznikají nové oocysty, které jsou vylučovány stolicí ven z těla, zatímco jiné zůstávají v těle a mohou být zdrojem pro autoinfekci [24]. Z fylogenetického hlediska jde o vzdáleně příbuzné prvoky. Tato paralela životních cyklů slouží primárně k orientaci čtenáře v širším kontextu střevních prvoků a jejich biologických vlastností, nikoliv k implikaci hlubšího evolučního či diagnostického propojení mezi oběma organismy.

Rizikovými faktory pro infekci *Blastocystis* mohou být špatné hygienické návyky, konzumace kontaminované potravy nebo vody či blízký kontakt s nakaženými hospodářskými zvířaty [3]. V roce 2022 byl *Blastocystis* zařazen do směrnice pro kvalitu pitné vody jako potenciální protozoární patogen, neboť cysty mohou při normální teplotě ve vodě přetrvávat až po dobu 19 dní [25]. Prevencí před uvedenou nákazou a dalšími alimentárními parazitárními a bakteriálními infekcemi je dodržování zásad osobní hygieny, zdravotní vzdělání populace, přístup k nezávadným potravinám a pitné vodě a vhodné nakládání s odpadními vodami [1].

EPIDEMIOLOGIE A PREVALENCE

Přítomnost *Blastocystis* bývá častěji prokazována u imunokompromitovaných pacientů a osob, které mají častý kontakt se zvířaty [2, 28, 60]. Zatímco některé studie neprokázaly přímou souvislost mezi prevalencí *Blastocystis* a faktory, jako je pohlaví nebo národnost [26], jiné poukazují na statisticky významné rozdíly v závislosti na věku nebo typu osídlení (městské vs. venkovské populace) [28, 60].

Prevalence se různí v závislosti na oblasti, od 5 % v industrializovaných zemích až k 60 % v rozvojových tropických zemích, na což má vliv jak geografická poloha, tak ekonomický status dané země [2, 26, 27]. V rámci rozsáhlé celosvětové studie Piperni et al. z roku 2024 [59] zahrnující 56 989 vzorků lidské stolice byla pozitivita *Blastocystis* zjištěna u 8 190 osob. Studie potvrdila významné geografické rozdíly ve výskytu tohoto mikroorganismu, jak lze vidět na obrázku 2.

V Severní Americe byla zaznamenána nejnižší prevalence (6,64 %), přičemž rozdíl oproti Evropě (22,14 %) byl statisticky významný. Mezi evropskými státy byla prevalence typicky nad 15 %, přičemž ve Velké Británii dosahovala téměř 27 %. V Asii se hodnoty značně lišily – nejnižší výskyt mělo Japonsko (2,46 %), v Izraeli byla prevalence 29,18 %. V afrických státech (Tanzanie, Etiopie a Kamerun) dosahovala prevalence více než 35 %. Nejvyšší byla zjištěna na Fidži (56,29 %). Ve Spojených státech byla prevalence 6,47 % (951 vzorků z 14 692) a regionální analýza ukázala vyšší zastoupení na východním a západním pobřeží ve srovnání se Středozápadem a Jihem.

V rámci studie provedené na Slovensku Dudlovou et al. (2016) [58], která zkoumala 2 760 vzorků stolice lidské populace, byla zjištěna prevalence gastrointestinálních parazitárních onemocnění 6,81 %, z toho prevalence protozoárních infekcí byla 2,64 % a helmintových infekcí 4,17 %. Přítomnost *Blastocystis* byla nejčastější

ve věkové kategorii 19–88 let, přičemž prevalence protozoárních infekcí v této skupině byla nejnižší (2,37 %). Výskyt *Blastocystis* byl často v koinfekci s dalšími střevními parazity (zejména *Enterobius vermicularis*). Největší pozitivita vzorků na střevní parazity byla zaznamenána na východě Slovenska (179/2760 vzorků), a statisticky významné rozdíly v incidenci parazitů byly zaznamenány mezi jednotlivými regiony.

Studie provedená v Polsku [60] prokázala prevalenci *Blastocystis* z celkového počtu 319 vzorků metodou CoproELISA testu u 24,1 % vyšetřovaných osob, metodou PCR bylo detekováno 15,1 % pozitivních osob. Byla zjištěna vyšší prevalence u lidí žijících ve městě (15,9 %) oproti venkovu (9 %), ale rozdíl nebyl statisticky významný. Naopak významné rozdíly byly nalezeny mezi jednotlivými věkovými skupinami: nejnižší prevalence byla ve věku 20–29 let (3,3 %), nejvyšší ve věkové skupině 60–69 let (27,3 %, $p < 0,0001$). Všichni lidé s pozitivním nálezem měli domácí zvířata ($p < 0,0001$).

Situace v České republice byla zmapována Lhotskou et al. v roce 2020 [28], kdy byla studována prevalence a diverzita subtypů *Blastocystis* sp. u zdravých jedinců. Bylo zkoumáno celkem 288 vzorků získaných od asymptomatických osob všech věkových kategorií. Pozitivní výsledek byl zjištěn u 24 % osob, u kterých bylo nalezeno 8 subtypů. Statisticky významná byla vyšší prevalence u osob žijících na vesnici (32 %) než ve městě (21 %, $p = 0,03$) a u osob, které měly častější kontakt s hospodářskými zvířaty (33 %) než s domácími mazlíčky (21 %, $p = 0,0256$). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ve výskytu *Blastocystis* mezi pohlavím, věkovými kategoriemi, či mezi osobami cestujícími do zahraničí v rámci a mimo Evropu. Cinek et al. v roce 2021 [29] publikovali studii srovnávající vzorky stolice dětských pacientů ze 6 zemí (Ázerbájdžán, Česká republika, Jordánsko, Nigérie, Súdán a Tanzanie). Výsledky poukázaly na významně nižší prevalenci *Blastocystis* sp. u dětí z České republiky (15,4 %) a Jordánska (15 %), vyšší prevalence byla v Ázerbájdžánu (45 %) a Súdánu (47 %), nejvyšší pak v Tanzanii (53 %) a Nigérii (55 %) [29]. Závěrem bylo zjištěno, že výskyt *Blastocystis* byl spojen s vyšší diverzitou střevního bakteriomu a změnami v jeho složení, kdy určité bakteriální rody (např. *Ruminococcaceae*) byly více zastoupeny při pozitivním výskytu *Blastocystis*, a jiné, např. *Bifidobacterium* a *Lactobacillus*, méně [29].

ETIOLOGIE A PATOGENEZE U ZVÍŘAT

Blastocystis má díky své nízké druhové specificitě širokou škálu hostitelů ze zvířecí říše, od hospodářských zvířat přes zvířata domácí až k divokým druhům. Výskyt byl zjištěn u hospodářských zvířat (např. krávy, ovce, kozy, prasata) a běžných domácích zvířat (kočky, psi), a proto mohou zvířata sehrávat významnou roli jako zdroj nákazy pro člověka [7, 30]. Potenciálním zdrojem

nákazy mohou být i zvířata chovaná v zoologických zahradách [31]. Tak jako v lidské populaci i zde se prevalence liší napříč zeměmi, což může ovlivňovat řada faktorů jako design studie, zeměpisná poloha, hostitel a způsob jeho chovu [30]. U domácích zvířat, jako jsou psi a kočky, je evidován častý výskyt, ale data týkajících se například promořenosti koní jsou nedostatečná [30]. Častým nositelem *Blastocystis* jsou primáti, pozitivita byla zjištěna u více než 70 jejich druhů ze Starého i Nového světa [30]. Patogenita i zde zůstává nezodpovězenou otázkou, neboť většina zvířat je asymptomatická [30]. U kopytníků je situace obdobná, přítomnost *Blastocystis* byla zjištěna u celé řady druhů, např. sobi, jeleni, velbloudi nebo alpaky [30].

Nejčastější subtypy, ST1, ST2 a ST4, mají vysoký zoonotický význam, jelikož vykazují nízkou hostitelskou specificitu [32]. Subtyp ST3 je považován za lidský, ačkoliv byl izolován i z několika zvířecích hostitelů [32]. Subtypy ST5 – ST8 bývají detekovány u lidí vzácně, ale převládají u zvířat: ST5 u kopytníků, ST6 a ST7 u ptáků, ST8 u primátů [32]. Mohou tak být zdrojem koinfekcí více subtypy [2].

Na myších modelech byl prokázán příznivý účinek kolonizace *Blastocystis* ST4, jenž pozitivně ovlivnil bakteriální složení střeva hostitele [33]. Experimentální osídlení myší podtypem ST7, jakožto potenciálně nejvíce patogenního ze všech subtypů, prokázala negativní změny střevní mikrobioty myší [34]. Tyto poznatky naznačují, že vliv *Blastocystis* na hostitelský organismus může být velmi variabilní a závisí na konkrétním subtypu. Je důležité zmínit, že laboratorní myš není vhodným modelovým organismem pro studium infekce *Blastocystis* u lidí, vhodnější jsou krysí modely [2, 7].

ETIOLOGIE A PATOGENEZE U LIDÍ

Role *Blastocystis* u lidí stále není zcela objasněna – jedná se o komenzální či parazitický vztah? Kontroverznost přetrvává zejména z těchto důvodů:

- nález bývá často bezpříznakový, *Blastocystis* je nalézána u symptomatických i asymptomatických pacientů;
- patogenita byla prokazována *in vitro*, ale ne *in vivo*;
- nebyly doposud shledány žádné významné virulentní vlastnosti parazita;
- nebyla nalezena žádná ohniska infekcí;
- zlepšení příznaků po léčbě pacientů je často jen relativní [2, 3, 26, 35].

Stále tak zůstává otázkou, jestli a jakým způsobem ovlivňuje výskyt *Blastocystis* imunitní odpověď hostitele či zdali jsou klinické projevy reakcí hostitele na tuto přítomnost [35]. Různé podmínky prostředí, genetická variabilita jednotlivých subtypů *Blastocystis* a diverzita hostitelského prostředí v tom sehrávají významnou roli [4, 35]. *Blastocystis* přežívá v intestinálním lumen, zejména v kyčelníku a tlustém střevě, kde uvolňuje proteázy, generuje buněčnou apoptózu a degradováním IgA

přispívá k imunomodulaci hostitele [1]. Možné vysvětlení tkví ve změněné paracelulární permeabilitě [36]. Améboidní forma účinně přilne k intestinálnímu epitelu, ovlivňuje střevní imunitní homeostázu a způsobí závažnou reakci s lokálním uvolňováním prozánětlivých cytokinů u myši a krys [36, 37]. Další výzkumné práce poukazují na eventuelní spojitost přítomnosti *Blastocystis* a udržování homeostázy střevní mikrobioty, ovšem v pozitivním smyslu [38]. Přítomnost *Blastocystis* pravděpodobně ovlivňuje složení střevní mikrobioty, což nepřímo vysvětluje větší spektrum onemocnění potenciálně ovlivněných touto přítomností. Deng et al. (2021) uvedl přehled článků zabývajících se vztahem *Blastocystis* s hostitelem a jeho střevní mikrobiotou, přičemž převažují studie zmiňující zlepšené složení mikrobioty střev (celkem 11 ze 14 prací) u pacientů s kolonizací *Blastocystis* [38]. Betts et al. (2021) zjistil celkové snížení zánětlivých metabolitů při přítomnosti *Blastocystis*; prozánětlivou roli určitých subtypů však nelze vyloučit [39].

Audebert et al. publikovali studii, ve které byl zkoumán střevní mikrobiom 48 zdravých jedinců a 48 jedinců nakažených *Blastocystis* [4]. U pozitivních lidí byla nalezena větší relativní abundance bakterií, zejména čeledí Clostridiaceae, Ruminococcaceae a Prevotellaceae, dále i rodů *Faecalibacterium* a *Roseburia*, jenž jsou známy jako bakterie produkující butyrát. Tato sloučenina je považována za významný metabolit zdravého střeva, jelikož je hlavním zdrojem energie pro epiteliální buňky tlustého střeva, podílí se na buněčných procesech (reguluje genovou expresi, diferenciaci, apoptózu) a má protizánětlivé účinky. Snížený počet druhů zmíněných mikroorganismů byl asociován s onemocněními, jako jsou ulcerózní kolitida či Crohnova choroba. Se sníženou bakteriální diverzitou ve střevě jsou doposud spojovány pouze infekce helminty [4]. K obdobnému výsledku dospěli Cinek et al., kteří kromě zjištěné prevalence *Blastocystis* sp. u dětských pacientů prokázali i větší diverzitu bakteriálního mikrobiomu u vzorků s *Blastocystis*; relativní abundance čeledi Ruminococcaceae byla zvýšena, zatímco jiné, např. rody *Bifidobacterium*, *Veillonella* nebo *Lactobacillus* nebyly vůbec zastoupeny [29].

Patogenita *Blastocystis* může souviset s přítomností určitých subtypů, kdy přítomnost ST1 je spojována s asymptomatickou infekcí, naopak přítomnost ST4 se symptomatickou [16, 40, 41, 42]. Nedávná studie Rajamanikama et al. (2023) zjistila, že přítomnost či nepřítomnost podtypu *Blastocystis* ST3 neměla významný vliv na bakteriální diverzitu, avšak změnila abundanci některých bakteriálních taxonů [43]. U symptomatických jedinců převládaly čeledi Prevotellaceae a Ruminococcaceae a asymptomatictí pacienti měli sníženou diverzitu s převahou Firmicutes. Změny v bakteriálním složení mohou ovlivňovat průběh metabolických procesů. Buňky, jež byly izolovány z asymptomatických jedinců, se chovaly podobně jako buňky od jedinců

symptomatických, když byly opakovaně vystaveny bakteriální suspenzi od těchto symptomatických jedinců. Rajamanikam et al. (2023) naznačuje vliv bakterií na chování *Blastocystis* na úrovni exprese proteinů, neboť *in vitro* byly změněny hladiny rozpustných proteáz a schopnost antigenů podporovat proliferaci kolorektálního karcinomu. Patogenní vlastnosti tak nemusí být jen výsadou *Blastocystis*, ale mohou být ovlivněny střevní mikroflórou [43].

Rozličné subtypy mohou mít i rozdílnou citlivost k antimikrobiální léčbě [44]. Jiná hypotéza zmiňuje možnost patogenity založené na vyšší počtu *Blastocystis* v mikroskopickém poli vyšetřovaného vzorku. Je doložen zpětnovazebný posilující mechanismus, kdy sekretované proteiny, např. hydrolázy a proteázy, mají potenciál modulovat obranyschopnost hostitele i získávání živin, a tudíž podporovat úspěšnou kolonizaci střeva tímto mikroorganismem [9, 35]. S dalším zajímavým závěrem přišli Backhaus et al. (2023), kteří poukázali na to, že v určitých množstvích a kombinacích se mohou navzájem spoluovlivňovat různí parazité: v závislosti na koncentracích mikroorganismů může prvok *Dientamoeba fragilis* regulovat výskyt *Giardia lamblia*, *Blastocystis*, *Campylobacter* spp. nebo *Ascaris lumbricoides*. Přítomnost a množství parazitů tak může snižovat nebo podporovat kvantitu jmenovaných patogenů a potenciálně ovlivňovat infekci [45].

Oportunní infekce u imunokompromitovaných osob jsou, vzhledem k jejich potlačenému imunitnímu systému, celosvětově hlavním důvodem jejich mortality [46]. Khorshidvand et al. (2020) publikovali metaanalýzu prevalence *Blastocystis* u imunokompromitovaných pacientů z Austrálie, Ameriky, Evropy, Asie a Afriky [46]. Bylo zanalyzováno 68 článků z let 1986 až 2018 s celkovým počtem 17 323 osob. Odhadovaná míra prevalence *Blastocystis* dosáhla 10 % infikované populace lidí s imunodeficiencemi (např. rakovina, HIV/AIDS, lidé po transplantaci nebo hemodialýze). Výzkum v této oblasti je nezbytný pro ochranu těchto ohrožených pacientů a snížení jejich mortality.

DIAGNOSTIKA

Laboratorní detekci lze provést parazitologickým vyšetřením stolice či citlivějšími molekulárními metodami. Vyšetření čerstvého nátěru stolice je základní diagnostickou metodou, výsledky záleží na vybavenosti laboratoře či kvalitě vzorku [1]. Určité komplikace přináší různá morfologie *Blastocystis* a její obtížnější rozpoznání [2]. V rutinní diagnostice se Kato-Katzova metoda primárně používá k detekci vajíček parazitických helmintů [62]. Pro detekci prvoků jsou vhodnější koncentrační metody, např. sedimentační (MIF) nebo flotační (Faust, Sheather), jelikož tyto metody zvyšují pravděpodobnost zachycení i malého množství cyst ve vzorcích stolice [63]. Při nízké koncentraci *Blastocystis*

ve vzorku jsou tyto metody nutné pro spolehlivou detekci, protože oproti přímému nátěru výrazně zvyšují citlivost vyšetření [64]. Výhodou této mikroskopické metody je rychlost vyhodnocení a nižší cena, nevýhodami pak nízká senzitivita a celkově menší přesnost než u molekulárně-genetických vyšetření, která ale nejsou většinou dostupná v rozvojových zemích [3, 47].

Barvicí techniky nejsou rutinně používány, byť je tato metoda jednoduše proveditelná, stejně tak kultivace, koncentrační a sérologické techniky mají jen okrajové uplatnění [1]. Molekulární metody umožňují rozlišení jednotlivých subtypů *Blastocystis*. Pro tento účel se sekvencuje gen malé podjednotky ribozomální RNA [48]. K tomu se nejčastěji využívá sekvenování PCR produktů genu SSU-rDNA nebo PCR s diagnostickými subtyp-specifickými STS primery, která umožňuje cílenou detekci jednotlivých subtypů bez nutnosti jejich sekvenace [61]. Tento přístup zahrnuje 7 specifických PCR reakcí pro identifikaci subtypů ST1 – ST7 a je vhodný pro laboratoře s omezeným přístupem k sekvenování [27]. Využívají se různé modifikované metody PCR, které mají větší specifitu a senzitivitu než vyšetření čerstvé stolice a které dokážou zachytit podstatně nižší množství parazitů v daném vzorku [1, 2, 47]. Při detekci *Blastocystis* ve stolici pacienta je vhodné provést další vyšetření pro zjištění jiné potenciální příčiny průjmu [18].

KLINICKÝ PRŮBĚH

Výskyt *Blastocystis* bývá asymptomatický, ale může být spojován s poruchami gastrointestinálního traktu (např. syndrom dráždivého tračníku či idiopatické střevní záněty), s kožními lézemi (kopřivka) a početnými nespecifickými symptomy, jako je průjem, abdominální bolesti nebo křeče a nevolnost [2, 10, 49, 50]. Typicky se objevují právě akutní nebo chronický průjem, nadýmání, křeče v břiše a únava [12]. Častěji je prokázován u imunokompromitovaných pacientů a osob, které mají četný kontakt se zvířaty [2].

Role *Blastocystis* v patogenezi GIT chorob u člověka zůstává i přes množství publikovaných prací nejasná. Jak bylo zmíněno výše, existuje několik teorií o možném mechanismu patogenity. Dle Mandella jsou důkazy o spojení *Blastocystis* s poruchami GIT založeny na mnoha případových zprávách a nekontrolovaných studiích spojených s nespecifickými příznaky [12]. Patogenita tohoto organismu tak zůstává neurčitá zejména kvůli problémům při vylučování jiných příčin a neschopnosti studií jasně prokázat příčinnou souvislost s onemocněním [12].

Citlivost k antiinfektivům

Protozoární infekce bývají léčeny metronidazolem, tinidazolem či nitazoxanidem [51, 52]. Léčba *Blastocystis* nemá vytvořeny žádné oficiální doporučené postupy. Samotná přítomnost *Blastocystis* u asympto-

matických pacientů není indikací k antibiotické léčbě [53, 54]. Pokud je stolice pozitivní na výskyt *Blastocystis*, je nutné pátrat po dalších možných důvodech průjmu [55]. Léčí se zejména pacienti s výše uvedenými klinickými obtížemi, a to s přihlédnutím k aktuálnímu zdravotnímu stavu a přidruženým chorobám, zejména imunodeficitu. V léčbě je možno použít nitroimidazolová antibiotika metronidazol, tinidazol a ornidazol, kombinovaný přípravek trimetroprim-sulfametoxazol a antiprotozoální léky paromomycin a nitazoxanid [53, 54]. Ojedinele jsou pro léčbu uváděny secnidazol, ketokonazol, pentamidin, chinin, iodoquinol a emetin [1, 2, 53]. Lékem první volby bývá metronidazol [7, 53, 54]. Původně byl využíván pro léčbu *Trichomonas vaginalis*, avšak nalézá využití i při léčbě širšího spektra anaerobních a protozoárních infekcí (zejména) zažívacího traktu [52]. V literatuře lze dohledat různé dávkování po rozličně dlouhou dobu: od 250–750 mg jednou denně, po 1500–2000 mg dvakrát denně [7, 44]. Není zcela jasné, jakým mechanismem metronidazol působí a zdali má skutečně na *Blastocystis* požadovanou účinnost [7, 44, 54]. U pacientů s intolerancí metronidazolu lze použít trimethoprim-sulfamethoxazole [54]. Další možností je paromomycin, širokospektrální antibiotikum na akutní a chronické amébozy, mechanismus jeho účinku u *Blastocystis* však rovněž zůstává nevyřešenou otázkou [7]. U dětské populace vykazoval při léčbě blastocystózy tinidazol vyšší účinnost než nitazoxanid, jak je vidět i v souhrnné tabulce léčby a účinnosti dle Robertse et al. (2014), lze nicméně pozorovat značnou variabilitu účinnosti jednotlivých variant léčby [56, 57].

ZÁVĚR

Vzhledem k velké genetické diverzitě *Blastocystis* a složitosti lidského střevního mikrobiomu nelze jednoznačně a zjednodušeně označit přítomnost tohoto prvoka za parazita, původce onemocnění či komenzála. Současné studie naznačují, že účinky tohoto mikroorganismu na lidský organismus mohou být velmi variabilní. V souvislosti s častým a celosvětovým výskytem je nezbytné provádět další výzkum a studie, které by mohly přinést nové informace ohledně jeho biologie a potenciálně pozitivním nebo negativním vlivu na lidské zdraví. Identifikace faktorů ovlivňujících patogenitu či symbiózu *Blastocystis* a pochopení jeho interakcí s lidským organismem mohou být klíčové pro vývoj preventivních opatření, případně i pro cílenou terapii s jasně stanoveným postupem léčby.

LITERATURA

1. Vielma JR. Blastocystosis: Epidemiological, clinical, pathogenic, diagnostic, and therapeutic aspects. *Invest Clin*, 2019,60(1):53–78. doi: 10.22209/IC.v60n1a06.

2. Wawrzyniak I, Poirier P, Viscogli E, Dionigia M., et al. *Blastocystis*, an unrecognized parasite: an overview of pathogenesis and diagnosis. *Ther Adv Infect Dis*, 2013,1(5):167–178. doi: 10.1177/2049936113504754.
3. Andersen LO, Stensvold CR. *Blastocystis* in health and disease: are we moving from a clinical to a public health perspective? *J Clin Microbiol.*, 2016,54(3):524–528. doi: 10.1128/JCM.02520-15.
4. Audebert C, Even G, Cian A, et al. Colonization with the enteric protozoa *Blastocystis* is associated with increased diversity of human gut bacterial microbiota. *Sci Rep.*, 2016, 6:25255. doi: 10.1038/srep25255.
5. Záhonová K, Low RS, Warren CJ, et al. Evolutionary analysis of cellular reduction and anaerobicity in the hyper-prevalent gut microbe *Blastocystis*. *Curr Biol.*, 2023,33(12):2449–442, 4.e8. doi: 10.1016/j.cub.2023.05.025.
6. Stensvold CR, Suresh GK, Tan KSW, et al. Terminology for *Blastocystis* subtypes – a consensus. *Trends Parasitol.*, 2007,23(3):93–96. doi: 10.1016/j.pt.2007.01.004.
7. Tan KSW. New insights on classification, identification, and clinical relevance of *Blastocystis* spp. *Clin Microbiol Rev.*, 2008,21(4):639–665. doi: 10.1128/CMR.00022-08.
8. Adl SM, Bass D, Lane CE, et al. Revision to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 2019,66(1):4–119. doi: 10.1111/jeu.12691.
9. Gentekaki E, Curtis BA, Stairs CW, et al. Extreme genome diversity in the hyper-prevalent parasitic eukaryote *Blastocystis*. *PLoS Biol*, 2017,15(9):e2003769.
10. Shirvani G, Fasihi-Harandi, M., Raiesi, O, et al. Prevalence and Molecular Subtyping of *Blastocystis* from Patients with Irritable Bowel Syndrome, Inflammatory Bowel Disease and Chronic Urticaria in Iran. *Acta Parasitologica*, 2020,65(1):90–96. doi: 10.2478/s11686-019-00131-y.
11. Melo GB, Roldan W, Malta F de M, et al. Culture isolation and molecular identification of *Blastocystis* sp. in Brazilian human isolates: preliminary results. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*, 2020,62:e51. doi: 10.1590/s1678-9946202062051.
12. Mandell JE, Dolin R, Blaser MJ. Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases: 2. svazek. 8. vydání. Saunders; 2015. 3960 s. ISBN-13: 978-1-4557-4801-3. doi: 10.1016/C2012-1-00075-6.
13. Yason JA, Tan KSW. Seeing the Whole Elephant: Imaging Flow Cytometry Reveals Extensive Morphological Diversity within *Blastocystis* Isolates. *PLoS ONE*, 2015,10(11): e0143974.
14. Centers for Disease Control and Prevention [online]. 2019-10-21 [cit. 2024-04-17]. *Blastocystis*. Dostupné na www: <<https://www.cdc.gov/dpdx/blastocystis/index.html>>
15. Eroglu F, Koltas IS. Evaluation of the transmission mode of *B. hominis* by using PCR method. *Parasitol Res*, 2010,107(4):841–845. doi: 10.1007/s00436-010-1937-4.
16. Melo GB, Bosqui LR, Costa IND, et al. Current status of research regarding *Blastocystis* sp., an enigmatic protist, in Brazil. *Clinics (Sao Paulo)*, 2021,76:e2489.
17. Stensvold CR, Tan KSW, Clark CG. *Blastocystis*. *Trends Parasitology*, 2020, 36(3):315–316. doi: 10.1016/j.pt.2019.12.008.
18. Beneš J. *Infekční lékařství*. Praha: Galén, 2009. ISBN-13: 978-80-7262-644-1.
19. Centers for Disease Control and Prevention [online]. 2019-05-20 [cit. 2024-04-22]. *Cryptosporidiosis*. Dostupné na www: <<https://www.cdc.gov/dpdx/cryptosporidiosis/index.html>>
20. Bouzid M, Hunter PR, Chalmers RM, et al. *Cryptosporidium* pathogenicity and virulence. *Clin Microbiol Rev.*, 2013,26(1):115–134. doi: 10.1128/CMR.00076-12.
21. Augendre L, Costa D, Escotte-Binet S, et al. Surrogates of foodborne and waterborne protozoan parasites: A review. *Food Waterborne Parasitol.*, 2023,33:e00212. doi: 10.1016/j.fawpar.2023.e00212.
22. Roche K, Dalle F, Capelli N, et al. From modern-day parasitology to paleoparasitology: the elusive past record and evolution of *Cryptosporidium*. *Front Microbiol.*, 2023, 14:1249884. doi: 10.3389/fmicb.2023.1249884.
23. Wetzel DM, Schmidt J, Kuhlenschmidt MS, et al. Gliding motility leads to active cellular invasion by *Cryptosporidium parvum* sporozoites. *Infect Immun.*, 2005,73(9):5379–5387. doi: 10.1128/IAI.73.9.5379-5387.2005.
24. Current WL, Reese NC. A Comparison of Endogenous Development of Three Isolates of *Cryptosporidium* in Suckling Mice. *The Journal of Protozoology*, 1986,33(1):98–108. doi: 10.1111/j.1550-7408.1986.tb05567.x.
25. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022. PMID: 35417116.
26. Andersen LO, Bonde I, Nielsen HB, et al. A retrospective metagenomics approach to studying *Blastocystis*. *FEMS Microbiol Ecol.*, 2015,91(7):fv072. doi: 10.1093/femsec/fv072.
27. Skotarczak B. Genetic diversity and pathogenicity of *Blastocystis*. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 2018,25(3):411–416. doi: 10.26444/aaem/81315.
28. Lhotská Z, Jirků M, Hložková O, et al. A Study on the Prevalence and Subtype Diversity of the Intestinal Protist *Blastocystis* sp. in a Gut-Healthy Human Population in the Czech Republic. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 2020,10:544335. doi: 10.3389/fcimb.2020.544335
29. Cinek O, Polackova K, Odeh R, et al. *Blastocystis* in the faeces of children from six distant countries: prevalence, quantity, subtypes, and the relation to the gut bacteriome. *Parasites Vectors*, 2021,14(1):399. doi: 10.1186/s13071-021-04859-3.
30. Hublin JSY, Maloney JG, Santin M. *Blastocystis* in domesticated and wild mammals and birds. *Res Vet Sci.*, 2021,135:260–282. doi: 10.1016/j.rvsc.2020.09.031.
31. An D, Jiang T, Zhang C, et al. Epidemiology and Molecular Characterization of Zoonotic Gastrointestinal Protozoal Infection in Zoo Animals in China. *Animals (Basel)*. 2024, 14(6):853. doi: 10.3390/ani14060853.
32. Shams M, Shamsi L, Sadrebazaz A, et al. A systematic review and meta-analysis on the global prevalence and subtypes distribution of *Blastocystis* sp. infection in cattle: A zoonotic concern. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 2021,76:101650. doi: 10.1016/j.cimid.2021.101650.
33. Deng L, Wojciech L, Png CW, et al. Experimental colonization with *Blastocystis* ST4 is associated with protective immune responses and modulation of gut microbiome in a DSS-induced colitis mouse model. *PLoS Pathog*, 2022,79(5):245. doi: 10.1007/s00018-022-04271-9.
34. Yason JA, Liang, YR, Png, CW, et al. Interactions between a pathogenic *Blastocystis* subtype and gut microbiota: in vitro and in vivo studies. *Microbiome*, 2019,7(1):30. doi: 10.1186/s40168-019-0644-3.
35. Matiu DS, Hritcu L. The pathogenic role of *Blastocystis* isolated from patients with irritable bowel syndrome and colitis from Iasi, Romania. *Acta Parasitologica*, 2014, 60(1):116–123. doi: 10.1515/ap-2015-0015.
36. Poirier P, Wawrzyniak I, Vivarqs CP, et al. New insights into *Blastocystis* spp. – A potential link with irritable bowel syndrome. *PLoS Pathog*, 2012,8(3):e1002545.
37. Valsecchi R, Leghissa P, Greco V. Cutaneous lesions in *Blastocystis hominis* infection. *Acta Derm Venereol*, 2004,84(4):322–323. doi: 10.1080/00015550410025949.
38. Deng L, Wojciech L, Gascoigne NRJ, et al. New insights into the interactions between *Blastocystis*, the gut microbiota, and host immunity. *PLoS Pathog*, 2021,17(2):e1009253.
39. Betts EL, Newton JM, Thompson GS, et al. Metabolic Fluctuations in the Human Stool Obtained from *Blastocystis* Carriers and Non-Carriers. *Metabolites.*, 2021,11(12):883. doi: 10.3390/metabo11120883.
40. Viesy S, Rezaei Z, Pouladi I, et al. The Prevalence of *Blastocystis* sp. and Its Relationship with Gastrointestinal Disorders and Risk factors. *Iran J Parasitol*, 2022,17(1):90–95. doi: 10.18502/ijpa.v17i1.9029.
41. Jiménez P, Muñoz M, Ramírez JD. An update on the distribution of *Blastocystis* subtypes in the Americas. *Heliyon*, 2023,8(12):e12592.
42. Popruk S, Adao DEV, Rivera WL. Epidemiology and subtype distribution of *Blastocystis* in humans: A review. *Infect Genet Evol*, 2021,95:105085. doi: 10.1016/j.meegid.2021.105085.
43. Rajamanikam A, Isa MNM, Samudi C, et al. Gut bacteria influence *Blastocystis* sp. phenotypes and may trigger pathogenicity. *PLoS Negl Trop Dis.*, 2023,17(3):e0011170.
44. Stensvold CR, Smith HV, Nagel R, et al. Eradication of *Blastocystis* carriage with antimicrobials: reality or delusion? *J Clin Gastroenterol.*, 2010,44(2):85-90. doi: 10.1097/MCG.0b013e3181bb86ba.

45. Backhaus J, Frickmann H, Hagen RM, et al. Gastrointestinal Pathogens in Multi-Infected Individuals: A Cluster Analysis of Interaction. *Microorganisms*, 2023,11(11):2642. doi: 10.3390/microorganisms11112642.
46. Khorshidvand Z, Khazaei S, Amiri M, et al. Worldwide prevalence of emerging parasite *Blastocystis* in immunocompromised patients: A systematic review and meta-analysis. *Microbial Pathogenesis*, 2020,152:104615. doi: 10.1016/j.micpath.2020.104615.
47. Alqarni AS, Wakid MH, Gattan SH. Prevalence, type of infections and comparative analysis of detection techniques of intestinal parasites in the province of Belgarn, Saudi Arabia. *PeerJ*, 2022; 10:e13889.
48. Gong B, Liu X, Wu Y, et al. Prevalence and subtype distribution of *Blastocystis* in ethnic minority groups on both sides of the China – Myanmar border, and assessment of risk factors. *Parasite*, 2019,26:46. doi: 10.1051/parasite/2019046.
49. Salehi M, Mardaneh J, Niazkar RH, et al. Prevalence and Subtype Analysis of *Blastocystis hominis* Isolated from Patients in the Northeast of Iran. *Journal of Parasitology Research*, 2021,8821885. doi: 10.1155/2021/8821885.
50. Verma R, Delfanian K. *Blastocystis hominis* Associated Acute Urticaria. *The American Journal of the Medical Sciences*, 2013,346(1):80–81. doi: 10.1097/MAJ.0b013e3182801478.
51. Aghazadeh M, Jones M, Perera S, et al. The Application of 3base™ Technology to Diagnose Eight of the Most Clinically Important Gastrointestinal Protozoan Infections. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023,24(17):13387. doi: 10.3390/ijms241713387.
52. Lamp KC, Freeman CD, Klutman, NE, et al. Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of the Nitroimidazole Antimicrobials. *Clinical Pharmacokinetics*, 1999,36(5):353–373. doi: 10.2165/00003088-199936050-00004.
53. Kurt Ö, Dođruman AI F, Tanyüksel M. Eradication of *Blastocystis* in humans – Really necessary for all? *Parasitol Int.*, 2016,65(6):797–801. doi: 10.1016/j.parint.2016.01.010.
54. Coyle CM, Varughese J, Weiss LM, et al. *Blastocystis*: To Treat or Not to Treat... *Clinical Infectious Diseases*, 2012,54(1):105–110. doi: 10.1093/cid/cir810.
55. Cohen J, Powderly WG, Opal SM. *Infectious Diseases*, 2. svazek. 3. vydání. Saunders; 2010. ISBN-13: 978-0-323-04579-7.
56. Abdo SM, Ghallab MMI, Zaghloul MS, et al. Efficacy of Nitazoxanide, Nitazoxanide-Garlic Combination and Tinidazole in Treatment of *Giardia duodenalis* and *Blastocystis hominis*: Coproscopic Assessment. *Iran J Parasitol*, 2023,18(1):48– 55. doi: 10.18502/ijpa.v18i1.12379.
57. Roberts T, Stark D, Harkness J, et al. Update on the pathogenic potential and treatment options for *Blastocystis* sp. *Gut Pathogens*, 2014,6:17. doi: 10.1186/1757-4749-6-17.
58. Dudlová A, Juriš P, Jurišová S, et al. Epidemiology and geographical distribution of gastrointestinal parasitic infection in humans in Slovakia. *Helminthologia*, 2016,53(4):309– 317. doi: 10.1515/helmin-2016-0035.
59. Piperni E, Nguyen LH, Manghi P, et al. Intestinal *Blastocystis* is linked to healthier diets and more favorable cardiometabolic outcomes in 56,989 individuals from 32 countries. *Cell*, 2024,187(17):4554– 4570.e18. doi: 10.1016/j.cell.2024.06.018.
60. Lepczyńska M, Dzika E, Chen W. Prevalence of *Blastocystis* Subtypes in Healthy Volunteers in Northeastern Poland. *Journal of Parasitology*, 2021,107(5):684– 688. doi: doi.org/10.1645/20-170.
61. Yoshikawa H, Wu Z, Kimata I, et al. Polymerase chain reaction-based genotype classification among human *Blastocystis hominis* populations isolated from different countries. *Parasitology research*, 2004,92(1):22–29. doi: 10.1007/s00436-003-0995-2.
62. World Health Organization [online]. 2023 [cit. 2024-02-10]. Developing capacity to monitor parasitic NTDs through Kato-Katz in Cambodia. Dostupné na www.who.int/news-room/feature-stories/detail/developing-capacity-to-monitor-parasitic-ntds-through-kato-katz-in-cambodia
63. Centers for Disease Control and Prevention [online]. [cit. 2024-02-11]. Stool Specimen Processing. Dostupné na www.cdc.gov/dpdx/diagnosticprocedures/stool/specimenproc.html
64. Becker SL, Lohourignon LK, Speich B, et al. Comparison of the Flotac-400 dual technique and the formalin-ether concentration technique for diagnosis of human intestinal protozoan infection. *J Clin Microbiol.*, 2011, 49(6):2183–2190. doi: 10.1128/JCM.01035-10.

Poděkování

Tento článek vznikl s podporou Studentské grantové soutěže Lékařské fakulty Ostravské univerzity v rámci projektu SGS12/LF/2025 „Prevalence *Blastocystis* sp. u vybraných skupin osob v České republice“.

Do redakce došlo dne 4. 1. 2025.

Adresa pro korespondenci:

Mgr. Sabina Kühnelová

Ústav epidemiologie a ochrany veřejného zdraví LF OU

Syllabova 1264/19

703 00 Ostrava – Vítkovice

e-mail: kuhnsa99@osu.cz