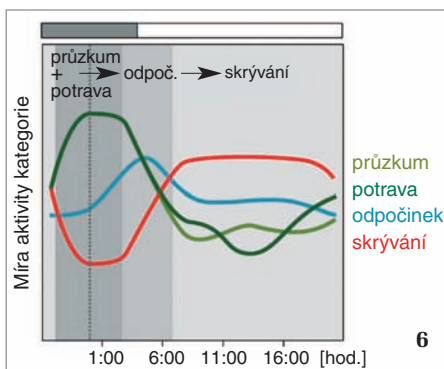


(konzumace i defekace). Kategorie aktivního chování se sčítaly a celkovou aktivitu jsme vyhodnocovali v průběhu 24 hodin. Celková aktivita značených svinek sice byla nižší, zůstala však typicky noční (noční pozorování probíhalo při červeném světle, o kterém jsme předpokládali, že by nemělo rušit). Obecně lze říci, že lak i včelařský fix snižovaly chuť k jídlu a zvyšovaly četnost skrývání se oproti odpočinku. Kontrolní svinky si tedy rády odpočinuly na povrchu, ale ty značené na dlouho zalézaly do úkrytu nebo do půdy. Při devítidenním pozorování se neprojevila zvýšená úmrtnost značených jedinců jako v předchozím měsíčním pokusu se stínkami.

Z analýzy chování všech svinek jsme zjistili i průběh jejich typické denní aktivity – přes den jsou v úkrytech nebo zahrabané v půdě, po setmění vylezou a během noci prozkoumávají okolí a krmí se. Mezi třetí a sedmou hodinou ranní odpočívají na povrchu a potom zase zalezou do úkrytů.



Celkově tedy nemůžeme pro stínky ani svinky doporučit značení lakem ani včelařským fixem pro etologické experimenty. Fix včelím královnám (zřejmě) neublíží hlavně proto, že barevná značka se drží především na chloupkách na hrudi. U stejnonožců je však barva v přímém kontaktu s kutikulou a může ovlivňovat běžnou

fyzilogii živočicha. V podezření jsou hlavně vlivy obsažených chemikálií na nervovou soustavu, omezení dýchání kutikulou (to je však u stejnonožců na hřbetní straně relativně nízké) i narušení systémů kanálků vedoucích vodu kutikulou (pomáhají svlažovat povrch a podílejí se na vylučování amonnyh iontů). Pokud se stejnonožci značky nezbaví dostatečně rychle, vede omezená chuť k jídlu a vyšší apatie k jejich předčasnému úmrtí.

Značení stejnonožců pomocí laku tedy lze doporučit pouze pro krátkodobé studie, zaměřené např. na velikost populace. Určitě se nehodí pro dlouhodobé experimenty nebo etologická pozorování. Snad nám vývoj techniky umožní v blízké době studovat stejnonožce využitím jiných šetrnějších metod bez nežádoucího ovlivňování přirozených projevů zvířat.

Použitou literaturu uvádíme na webových stránkách Živy.

Tomáš Macháček a kolektiv autorů

Jekyll a Hyde: Máme se obávat parazitických helmintů člověka?

Helminti sužují stovky milionů lidí po celém světě a mají na svědomí několik set tisíc úmrtí ročně; jejich přítomnost nelze přehlédnout ani v tuzemsku. V poslední době nám však začínají ukazovat i svou druhou tvář. Vychází totiž najevo, že by mohli být vzdor svému nelichotivému renomé člověku prospěšní a mohli by mu pomoci s prevencí či léčbou některých závažných onemocnění. Helminti (česky též červi) jsou označením pro fylogeneticky nepříbuzné skupiny mnohobuněčných organismů s červovitým tvarem těla a dvoustrannou symetrií. Biologické pojetí názvu „helminth“ respektuje nedělitelnost platných taxonů s parazitickými i neparazitickými zástupci, a proto tak označujeme i volně žijící zástupce (např. půdní hlístice, vodní ploštěnky, dravé pijavice). V medicínském a veterinárním pojetí bývá tento termín vyhrazen pouze parazitickým organismům a nezahrnuje volně žijící „červy“.

Své stálé místo mezi helminty v užším slova smyslu (sensu stricto) mají velké parazitické skupiny ploštěnců (*Platyhelminthes*), mezi něž patří tasemnice (*Cestoda*), motolice (*Trematoda*) a žábrolísti (*Monogenea*). Další početnou skupinu helmintů představují hlístice (*Nematoda*), které jsou ploštěncům fylogeneticky velmi vzdálené. Podle současných poznatků jsou hlístice řazeny (např. společně s členovci – *Arthropoda*) mezi tzv. *Ecdysozoa*, jednu z hlavních podskupin prvoústých živočichů, jejichž společným znakem je svlékatelná kutikula na povrchu těla (viz také článek na str. 201–203 této Živy). Naproti tomu ploštěnci náležejí (např. spolu s měkkýši – *Mollusca* a kroužkovci – *Annelida*) mezi tzv. *Lophotrochozoa*. Poslední skupinou, která by neměla mezi helminty sensu stric-

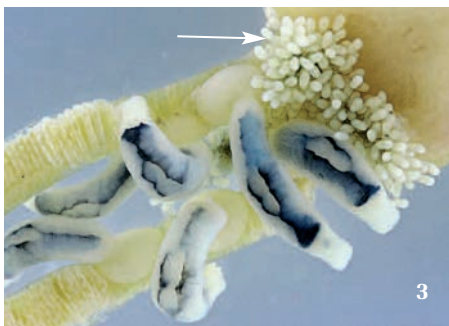
to chybět, jsou vrtejší (*Acanthocephala*), válcovité „červi“ ze střeva obratlovců vybavení otrněným chobotkem (obr. 1). Mezi helminty v širším slova smyslu (sensu lato) můžeme zařadit pijavice (*Hirudinea*), parazitické zástupce ploštěnek („*Turbellaria*“), hlísticím příbuzné strunovce (*Nematomorpha*) a některé další taxony. U některých skupin přítom nebyla jejich pozice v systému vždy zcela jednoznačná a v průběhu let se měnila. Tak tomu bylo i v případě současných žábrolístů (dříve ploštěnek) rodu *Udonella*, parazitů ryb přenášených na koryšících (obr. 2 a 3).

Většina obligátních parazitů mezi ploštěnci je součástí taxonu *Neodermata* zahrnujícího tři skupiny: tasemnice, motolice a žábrolísty. Jejich společný znak, jak lze odvodit z názvu, představuje stavba tělního

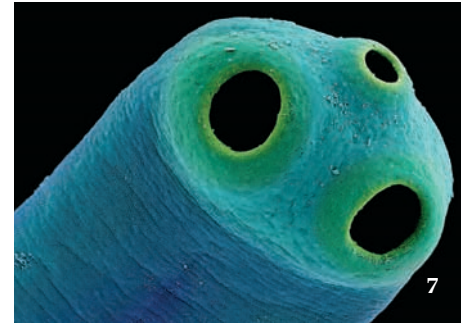
povrchu. Ten je kromě prvních larválních stadií tvořen neobrveným syncytiem (mnohobuněčným soubuním vzniklým splynutím více buněk), čímž se liší od obrveného (ciliaturou vybaveného) epiteliálního povrchu prvních larev. Tasemnice, motolice i žábrolísti využívají (až na výjimky) jako svého definitivního hostitele obratlovce. Lokalizace parazita a vliv na zdraví hostitele bývají však u zástupců různých skupin velice odlišné.

Dospělci tasemnic (obr. 4–7) jsou v prostě většine případů vysoce specializovaní cizopasníci střeva obratlovců, kteří, přestože okrádají své hostitele o živiny, nemusejí vždy působit vážné zdravotní problémy. Život ohrožující ale mohou být jejich larvální stadia, např. velké larvocysty v játrech (tvořené zástupce měchožilů rodu *Echinococcus*) nebo ty drobnější v centrální nervové soustavě (u nákaz vajíčky tasemnice dlouhočlenné – *Taenia solium*). Nejružnější orgány v těle svého obratlovčího hostitele obsazují dospělci motolice, a často tak způsobují přímo či nepřímo vážná poškození tkáně. Některé motolice (zejména v případě neléčených infekcí) mohou dokonce vyvolat vznik rakovinného bujení (např. krevnička močová – *Schistosoma haematobium* nebo jaterní motolice *Opisthorchis viverrini*). Žábrolísti nejčastěji žijí jako ektoparaziti na tělním povrchu ryb, kde se přichycují pomocí háčků nebo přísavky na konci těla. Na rozdíl od některých motolic nebo tasemnic nenapadají člověka, avšak mohou působit úhyny chovných ryb.

Hlístice jsou červi s kruhovitým průřezem těla. Jejich povrch tvoří mechanicky i chemicky odolná kutikula, kterou produkuje pod ní ležící vrstva buněk. Kromě parazitických druhů (asi 16 tisíc zástupců) zahrnují i ty volně žijící (asi 11 tisíc druhů). Dělení hlístic na jednotlivé skupiny je komplikované. Výsledky molekulárně fylogenetických studií často neodpovídají zavedeným taxonům, a tak systematické řazení hlístic v posledních desetiletích podléhá mnoha zásadním změnám. Jejich hostiteli mohou být různorodé skupiny organismů: rostliny, bezobratlí i obratlovci;



variabilní může být i lokalizace v těle hostitele. Celosvětově nejrozšířenější paraziti člověka se nalézají ve střevě (škrkavky, roupi, tenkohlavci, měchovci a další). K méně častým náležejí druhy napadající krevní a lymfatický systém člověka (filárie domestikace zvířat – *Wuchereria bancrofti*), svaly (larvální stadia svalovců rodu *Trichinella*), podkoží (filárie *Loa loa*, *Onchocerca volvulus*) nebo centrální nervovou soustavu (*Angiostrongylus cantonensis*, larvy zvířecích škrkavek).



Nejnámější lidské helmintózy ve světě

Příznivé podmínky pro šíření infekčních onemocnění, včetně těch parazitárních, nastaly s nárůstem populace a změnou způsobu života (přechod k zemědělství, domestikace zvířat, urbanizace a migrace lidí). První dochované písemné záznamy o výskytu parazitických helmintů byly nalezeny na papyrusových svítcích ze starověkého Egypta (ca 1 550 let př. n. l.). Vlastní červi (zejména jejich vajíčka) však byli prokázáni v materiálu ještě staršího data: škrkavka dětská (*Ascaris lumbricoides*) – 28 000 př. n. l., tenkohlavec lidský (*Trichuris trichiura*) – 8 000 př. n. l., roup dětský (*Enterobius vermicularis*) – 6 000 př. n. l., měchovec lidský (*Ancylostoma duodenale*) – 5 000 př. n. l.

Hlavní důkaz přítomnosti střevních helmintů v minulosti představují koprolity a organické zbytky z archeologických nalezišť nebo mumifikovaná těla. Molekulárními metodami se podařilo potvrdit přítomnost krevničky močové a k. střevní (*S. mansoni*) ve vzorcích střev a jater egyptských mumii Nekht-Ankh a Khnum-Nakht, jejichž stáří se odhaduje na 3 900 let. Nálezy vajíček tasemnic v koprolitech jsou velmi vzácné a o prokázání cysticerkóze způsobené tasemnicí dlouhočlennou u egyptských mumii lze hovořit až v pto-

lemajovském období (200–100 př. n. l.). O možné neurocysticerkóze se spekuluje i u Julia Caesara (100–40 př. n. l.), onemocnění by mohlo vysvětlit jeho epileptické záchvaty. Není bez zajímavosti, že na helminty se v průběhu historie parazity nenahlíželo jen jako na škodlivé parazity – např. ve starověké Číně věřili, že člověk by měl hostit nejméně tři červy, aby zůstal v dobrém zdravotním stavu, a v 18. stol. také v Evropě mnozí považovali červy u dětí za zdravý prospěšné.

Dnes patří infekce vyvolané parazitickými helminty v lidské populaci k nejrozšířenějším. Podle odhadů Světové zdravotnické organizace (WHO) jsou jen střevními helminty v současnosti nakaženy asi dvě miliardy lidí, tedy téměř třetina světové populace. V naprosté většině však jde o náklady lidí v rozvojových zemích tropů a subtropů s nízkým hygienickým standardem. Mezi nejvýznamnější původce střevních helmintóz patří škrkavka dětská, tenkohlavec lidský, měchovec lidský a m. americký (*Necator americanus*), kteří se řadí mezi hlístice. Do téže skupiny náleží i roup dětský, v rozvinutých zemích považovaný za nejrozšířenějšího, byť naštěstí nepříliš patogenního lidského helminta. Konkrétní čísla o jeho prevalenci chybějí (není proto zahrnut ve výše zmiňované statistice WHO),

1 Otrněný chobotek vrtejšů (*Acanthocephala*) slouží v dospělosti k uchycení parazita ve střevě definitivního hostitele. Je však přítomen již ve stadiu larvy, zde vyjmuté ze svaloviny meziphostitele bazi-liška přílbového (*Corytophanes cristatus*).

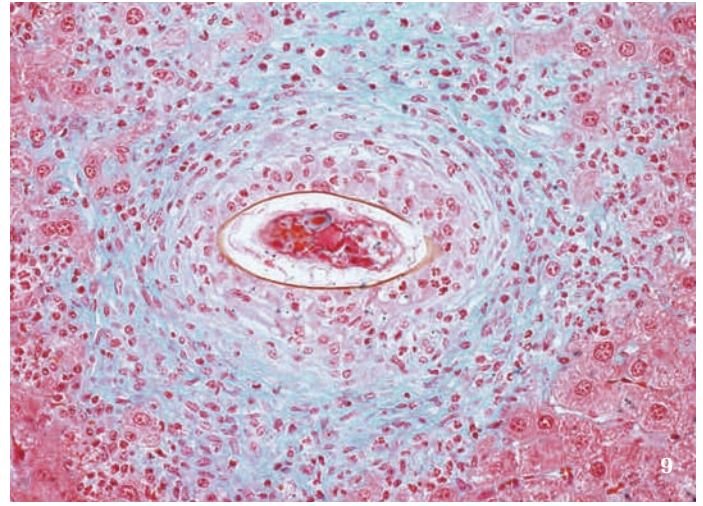
2 Žábrolísti rodu *Udonella* z ektoparazitických koryšů mořských ryb byli donedávna (až do r. 1998) považováni za parazitické ploštěnky.

3 Trs vajíček (šipka) a několik dospělých jedinců žábrolísta rodu *Udonella* přichycených na bázi vaječných vaků parazitického koryše rodu *Caligus* z tresky obecné (*Gadus morhua*)

4 až 7 Tělo tasemnic se skládá ze souboru článků (strobily) a hlavičky (skolexu), zajišťující uchycení ve střevě definitivního hostitele. Podoba skolexů se u různých skupin tasemnic liší (viz také článek na str. 220–221): *Atractolytocestus* sp. z kapra (obr. 4), tasemnice řádu *Caryophyllidea* z kapra (5), *Dilepis* sp. z drozda (6) a *Glanitaenia osculata* ze sumce (7).

8 Měchovci rodu *Ancylostoma* se živí krví, kterou získávají rozrušováním střevní sliznice hostitele pomocí ostrých zubů ústní kapsule.

9 Kolem vajíček schistosom se v játrech tvoří rozsáhlé granulomy vzniklé nahromaděním imunitních buněk. Vlivem



interleukinu-13 zde také dochází k ukládání kolagenu (modře), což způsobuje fibrózu jaterní tkáně. Foto T. Macháček

10 Pijavka lékařská (*Hirudo medicinalis*) krmí se na ruce dobrovolníka

11 Pro cercárie způsobující dermatitidu jsou typické dvě pigmentové oční skvrny a rozdvojený ocásek (furka).

12 Po odpadnutí pijavky zůstává na kůži v místě přísátí typická jizva po třech zubech, které jsou za normálních okolností skryté pod ústní přísavkou.

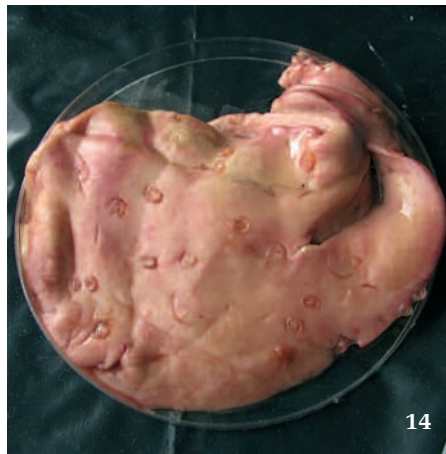
13 Roup dětský (*Enterobius vermicularis*) – původce nejčastější střevní helmintózy v ČR. Foto T. Macháček

14 Tresčí játra s viditelnými „klubíčky“ larev hlístic rodu *Anisakis*

odvážné odhady se pohybují v řádu stovek milionů případů. Přenos těchto helmintů s jednohostitelským životním cyklem je jednoduchý: infikovaný člověk vylučuje ve stolici vajíčka, jež kontaminují okolní prostředí. K nálezům škrkavkou dětskou, roupem dětským a tenkohlavcem lidským může dojít u člověka výhradně pozřením vajíček s infekční larvou, a to třeba s kontaminovanou vodou nebo potravou (např. nemytou zeleninou). Infekční larvy měchovce lidského a m. amerického se oproti tomu líhnou z vajíček ve vnějším prostředí

a do člověka pronikají aktivně zejména kůží dolních končetin.

Obzvláště hojně se infekce střevními helminty vyskytují u dětí, které se snadno nakazí při hře v kontaminovaném prostředí. Dospělí se mohou infikovat při pracovních aktivitách (např. v zemědělství). Projevy střevní fáze nemoci jsou různorodé, avšak při nízké intenzitě nemusejí být patrné. Komplikace nastávají v případě silných infekcí, kdy může postižený jedinec trpět bolestmi břicha, průjmy nebo zácpami. V krajním případě (nákaza škrkavkami)



může dojít i k perforaci či ruptuře střeva s následnou bakteriální infekcí břišní dutiny. Měchovec lidský (obr. 8) a m. americký se navíc aktivně živí sáním krve, čímž způsobují její chronické ztráty vyúsťující v anémii. Celkově vedou poruchy v trávení a příjmu živin nakažených osob ke snížení fyzické kondice, u dětí je opožděn růst a mentální rozvoj, může docházet k poruchám soustředění. I když nejsou ve srovnání s jinými parazity střevní helminti největšími zabijáky, umírá na následky komplikací po naze okolo 140 tisíc lidí ročně. Proto se věnuje nemalé úsilí kontrole a rovněž probíhají různé vzdělávací programy, jež mají zvýšit hygienické návyky lidí žijících v oblastech rizika infekce.

Mezi nejzávažnější mimostřevní helmintózy u člověka patří schistosomózy a filariózy, které obdobně jako střevní helmintózy postihují zejména obyvatele tropů a subtropů. V endemických oblastech schistosomóz, jejichž nejvýznamnějšími původci jsou motolice krevnička střevní, k. močová a k. jaterní (*S. japonicum*), žije kolem 600 milionů obyvatel, infikovaných je asi 200 milionů a ročně umírá na schistosomózu podle odhadů až 280 tisíc osob. V riziku infekce filáriemi je více než jedna miliarda osob, z nichž asi 130 milionů trpí lymfatickými filariózami (hlavními původci jsou hlístice *Wuchereria bancrofti* a *Brugia malayi*) a 40 milionů onchocerkózou (původcem hlístice *Onchocerca volvulus*). Filárie zřídka způsobují smrt, avšak mají významné patologické projevy onemocnění.

Pro původce schistosomóz a filarióz společně platí, že se jejich přenos uskutečňuje nepřímo pomocí mezihostitele (u filárií označovaného jako přenašeč či vektor). K naze schistosomami může dojít při koupání ve sladkovodních nádržích nebo

pomalu tekoucích řekách, kde se do kůže člověka aktivně zavrtávají larvy zvané cercárie. Přenašečem filárií je dvoukřídlý hmyz, do něhož se nejprve při sání na člověku dostávají larvy zvané mikrofilárie. Při opětovném sání dochází k nákaze člověka larvami infekčními. Dospělci schistosom jsou krevní paraziti žijící v cévách okolo různých orgánů (např. krevnička močová se usazuje v urogenitálním traktu). Dospělé filárie žijí v lymfatických cestách (např. *W. bancrofti*) nebo v podkožních nodulech („bulkách“ obsahujících *O. volvulus*).

Schistosomózy i filariózy způsobují nízkou úmrtnost lidí v akutní fázi. Jejich nebezpečí spočívá v tom, že v pozdější chronické fázi infekce mohou být postupně poškozeny důležité tělní orgány. U schistosomózy nejsou hlavním patogenním agens samotní dospělí červi, ale jimi kladená vajíčka, která jsou krví zanašena do různých orgánů (nejčastěji do jater nebo plic). Kolem vajíček vzniká zánět, ve tkáni se také nadměrně ukládá vazivo (obr. 9) a orgány postupně přestávají plnit své funkce. Infekce krevničkou močovou mohou vyústit i ve vznik karcinomů. U některých lidí nakažených lymfatickými filáriemi se v průběhu několika let vyvíjí tzv. elefantíza – extrémní zvětšení periferních částí těla (např. dolních končetin) otokem mízních uzlin a městnáním lymfy. Onchocerkóza se projevuje záněty kůže (dermatitidy), ale postižen může být i zrak (říční slepota).

Opatření, jejichž cílem je kontrola schistosomózy a filariózy, se soustřeďují na několik oblastí. Mezi klíčové patří zabránění kontaktu s kontaminovanou vodou v případě schistosomózy nebo s přenašeči u filariózy. Provádí se také pravidelná distribuce léčiv, která mají původce eliminovat a zmírnit příznaky onemocnění. Úspěchy se postupně dostávají, např. v r. 2007 bylo potvrzeno vymýcení filárií v Číně a o rok později v Jižní Koreji.

Roste u nás riziko nálezů

Při hodnocení parazitologické situace v České republice je vhodné uplatnit dva pohledy. V případě importovaných nálezů si lidé parazitické červy přivezou jako neplánovaný suvenýr ze zahraničních cest, kdy se nakazí např. koupáním v přírodních sladkovodních nádržích (kůží pronikajícími krevničkami rodu *Schistosoma*) nebo chozením naboso (kůží penetrujícími larvami měchovců či jiných nematodů, kteří mohou migrovat kůží a zanechávat za sebou nápadné zarudlé „cestitky“). Další riziko představuje požívání místních specialit obsahujících např. zeleninu potenciálně kontaminovanou infekčními stadii parazitů nebo syrové maso. Např. konzumací syrových ryb se lze nakazit larvami tasemnic rodu *Diphyllobothrium*, různými druhy střevních a jaterních motolic či hlísticemi rodu *Anisakis* (obr. 14), zdrojem infekce mohou být ale i tepelně neopracované bezobratlé, např. koryšci. V endemických oblastech mohou být lidské nebo zvířecí filárie přenašeny krevsajícím hmyzem, jak již bylo zmíněno výše. Většina těchto parazitů však není v prostředí naší republiky schopna přenosu na dalšího hostitele, a to z důvodu nevyhovujících klimatických podmínek nebo absence meziphostitele, případně hmyzího přenašeče. Z hlediska



15



16

místní populace tedy importované helmintózy epidemiologicky závažné nebezpečí nepředstavují, ačkoli u infikovaného člověka je nutné aplikovat odpovídající léčbu.

Jiným způsobem musíme přistupovat k nálezům autochtonním, tedy takovým, které člověk získá v prostředí naší republiky. Např. nedostatečná osobní hygiena nebo pobyt ve větších kolektivech může přispívat k šíření červů s přímým životním cyklem, bez potřeby meziphostitele (tzv. geohelminťů). V našich podmínkách jde hlavně o přenos roupa dětského (obr. 13, enterobióza), případně méně často zastoupené škrkavky dětské (askaridóza). To dokládají dostupné statistiky Národní referenční laboratoře pro diagnostiku střevních parazitóz: v r. 2014 bylo hlášeno přes 1 200 autochtonních případů enterobiózy a jen 26 případů askaridózy. Jelikož jde o typické infekce, při nichž je hlavním (jediným) zdrojem nákazy člověk (antroponózy), dá se šíření těchto parazitů poměrně dobře kontrolovat. Tvrzení obsažené v poslední větě však nemusí ve světle moderních poznatků zcela platit. Molekulární genetické analýzy naznačují, že podstatnou část lidských askaridóz mohou v podmínkách mírného klimatu Evropy způsobovat prasecí škrkavky *A. suum*. V takovém případě by šlo spíše o zoonózu nežli o onemocnění cirkulující mezi zvířaty, ale přenosné na člověka.

Mezi zoonotické helminty s přímým vývojovým cyklem, vyskytující se na území České republiky, lze zařadit i další dva zástupce. U různých zvířat, zejména divokých prasat, mohou být ve svalovine přítomny larvy svalovce (rod *Trichinella*, obr. 17 a na 3. str. obálky), infekční i pro člověka. To je jeden z důvodů, proč u nás máme nařízeny veterinární kontroly masa ulovených divokých prasat na přítomnost svalovců. O tom, že trichinelóza není banálním onemocněním, svědčí i „populární“ epidemie ze slovenské obce Valaska z r. 1998, kdy se z klobás s podílem infikovaného psího masa nakazilo asi 300 lidí. Určité riziko mohou představovat i larvy zvířecích škrkavek rodu *Toxocara* (obr. 15 a 16), jejichž definitivními hostiteli jsou psi a kočky. Pokud člověk pozře infekční vajíčko z prostředí kontaminovaného trusem nakažených zvířat, lhnou se v jeho těle larvy, které sice nedospívají, ale zato migrují různými orgány (*larva migrans*), přičemž nepříjemné je např. napadení oka (*larva migrans ocularis*), jež může vést až ke ztrátě zraku.

Některé helminty, s nimiž se setkáme i v podmínkách naší země, vyžadují pro svůj vývoj meziphostitele. Mezi těmi známějšími je např. dřívě relativně častá tasemnice bezbranná (*Taenia saginata*), jejíž larvy se vyvíjejí ve svalovine skotu a člověk

15 Přední část těla dospělé škrkavky psí (*Toxocara canis*) s ústním otvorem lemovaným typicky třemi pysky

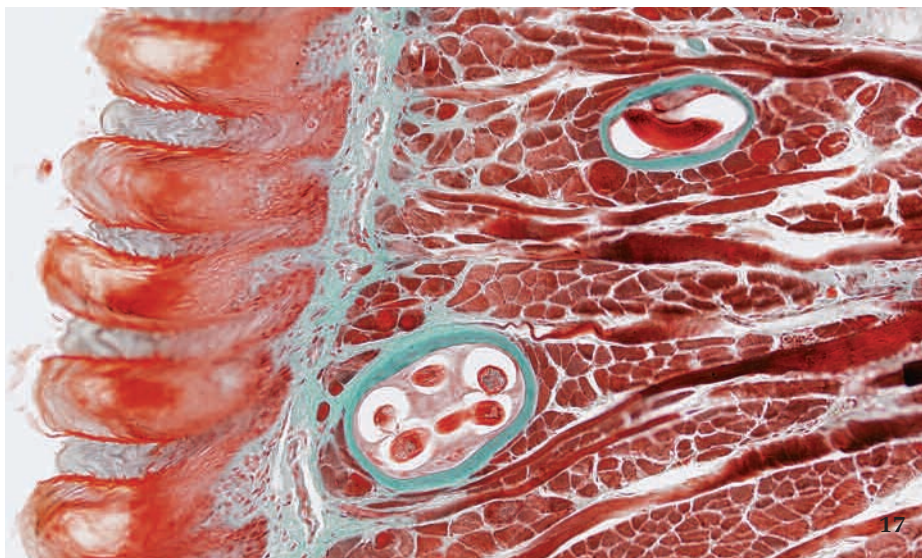
16 Samec škrkavky *T. canis* s vysunutou spikulou, sloužící při páření

17 Histologický řez jazykem experimentálně nakaženého potkana – ve svalovine jsou patrné larvy svalovce stočené kolagenní kapsulí (zeleně). Snímky J. Bulantové, není-li uvedeno jinak

se nakazí konzumací tepelně neupraveného hovězího masa. Dnes je spíše vzácností. O to více pozornosti vzbudila lokální „epidemie“ na Opavsku, kdy bylo infikováno 25 osob z celkových 30 případů evidovaných v ČR za r. 2013. Dospělí jedinci ve střevě nepředstavují pro lidské zdraví závažné riziko; napadený člověk může mít zaživací obtíže, častěji si však přítomnosti tasemnice všimne až poté, co hledí na hýbající se články ve vlastní stolici.

Vzácnější, ale zároveň o dost nebezpečnější infekcí člověka, je nákaza měchožily (tasemnice rodu *Echinococcus*). Měchožil větvený (*E. multilocularis*) bývá, obzvláště v médiích, přezdíván tasemnice liščí, vešel ve známost především v souvislosti s diskutovanou možností přenosu infekce na člověka při konzumaci hub a lesního ovoce kontaminovaného trusem nakažených lišek. Definitivním hostitelem produkujícím infekční vajíčka však nemusí být pouze liška, ale i pes, kočka, případně další šelmy, jako je např. u nás nepůvodní psík mývalovitý (*Nyctereutes procyonoides*). Člověk ve vývojovém cyklu měchožily figuruje jako meziphostitel, v jehož těle (nejčastěji v játrech) se po náhodném požití vajíček vyvíjí larvocysta. Ta bez jakýchkoli klinických projevů roste i několik let, což může komplikovat diagnostiku a zkracovat data o počtech pacientů, kterých v poslední době přibývá.

Již tradičně se česká parazitologie orientuje i na studium zvířecích helmintů, pro které je člověk nevhovujícím hostitelem zejména z důvodů fyziologických a imunologických. Do takové kategorie patří i ptačí schistosomy (příbuzné zmiňovaných lidských krevniček). Jejich larvy (cercárie, obr. 11) sice nedokážou v člověku dlouhodobě přežít, ale to jim nebrání za slunných dní pronikat do kůže plavců a působit nepřijemnou svědivou vyrážku známou jako cercáriová dermatitida. V minulých letech potrápila rekreanty např. na vodní nádrži Slapy, Novém rybníku na Příbramsku nebo Velkém Boleveckém rybníku v Plzni. V červnu 2015 byl výskyt cercáriové dermatitidy potvrzen i z přírodních koupališť v Sokolově a v Zákupích na Českolipsku.



Pokud zmiňujeme zoonózy, nemůžeme opomenout vzácné, byť zřejmě přibývajících případy importovaných (a možná i autochtonních) infekcí lidí červy, jako jsou psi filárie (rod *Dirofilaria*) nebo oční hlístice rodu *Thelazia*. Vlnu pozornosti také vzbudil nedávný případ nálezu hlístice *Dioctophyme renale* v močových cestách pacientky ze Slezska; tato hlístice je jako parazit typická pro psovitě a kočkovité šelmy. O některých z výše uvedených helmintůž se v poslední době začíná mluvit jako o tzv. emerging diseases, tedy onemocněních, která z hlediska epidemiologie nabývají na důležitosti a aktuálnosti. Do jaké míry na tom má podíl lepší diagnostika, propracovanější systém informovanosti lékařů, změny klimata, hospodářského využívání krajiny nebo posun ve způsobu života většinové populace na našem území, je otázka, na kterou nelze jednoznačně odpovědět.

Helminti jako přínos pro lidské zdraví

V předchozím textu již zaznělo, že v Číně i dříve v Evropě považovali nákazu helmintů v některých obdobích za zdraví prospěšné. Moderní věda ukazuje, že to není zcela scestný názor.

Nejnámějším červem využívaným lékaři od starověku je pijavka lékařská (*Hirudo medicinalis*, obr. 10 a 12). Většina z nás má použití pijavic spojené s temnými středověkými praktikami pouštění žilou. I moderní medicína akceptuje hirudoterapii, která v posledních letech zažívá nebývalý rozkvět, o čemž svědčí jednak celá řada soukromých terapeutů nabízejících aplikaci pijavic, jednak také příležitostně využívání hirudoterapie v některých nemocnicích. Pijavky mají ve slinách obsažen peptid hirudin, působící proti srážení krve, konkrétně inhibuje trombin, a tudíž zabráňuje přeměně fibrinogenu na fibrin. Inhibován je jak volný trombin, tak vázaný ve sráženinách, takže pijavky dokážou rozpustit vzniklé krevní sráženiny v cévách nebo hematomy, které se vytvořily až už při úrazu nebo jako důsledek operačního zákroku. Právě tvorba krevních sráženin může bránit vytvoření dostatečného krevního zásobení po operaci, takže pijavky jsou vyhledávány např. v plastické chirurgii a při mikrochirurgických zákrocích. Jako protisrážlivé agens je hirudin (vyráběný i komerčně jako rekombinantní peptid,

viz dále) pro pacienta mnohem šetrnější než např. heparin.

Dalším směrem, který se snaží využít pozitivního vlivu parazitických červů na člověka, je léčba autoimunitních chorob. Patří mezi ně např. idiopatické střevní záněty, roztroušená skleróza, diabetes 1. typu, revmatoidní artritida, alergie a další, jež sužují populaci ekonomicky vyspělých států v posledních desetiletích čím dál častěji. Pravý důvod zvyšování výskytu těchto onemocnění není zatím plně objasněn, ale podle tzv. hygienické a „old friends“ hypotézy by mohl souviset s vymizením patogenů a parazitů, na něž byl imunitní systém člověka po mnoho tisíc let zvyklý. Pokud se s patogeny imunita nepotkává a nebojuje s nimi, může „obrátit svou pozornost“ na vlastní tělo, což vede k poškozování vlastních tkání. Klasická léčba může být prováděna imunosupresivou nebo potlačováním produkce prozánětlivých látek.

Alternativa v podobě aplikace helmintů, kteří přeměrují imunitní reakce na sebe, byla poprvé použita v r. 2003 a je nyní v řadě zemí ve fázi klinických testů. Při této léčbě je parazitem stimulována produkce protizánětlivých látek. Tak např. larvy tenkohlavce prasečího (*T. suis*) se používají k zmírnění projevů Crohnovy choroby provázené chronickým zánětem střevní sliznice a objevující se v kterékoli části zažívacího traktu. Typickými příznaky jsou průjemy, bolesti břicha a krvácení z konečníku. Tenkohlavce prasečí je blízké příbuzný našemu tenkohlavci lidskému, a proto dokáže přežít v trávicím traktu člověka, i když jen po omezenou dobu. I tak vyvolává zvrát imunitních reakcí, což pomáhá utlumit zánět a zmírnit projevy onemocnění. Uvažuje se také, že přítomnost červů má pozitivní efekt na složení střevní mikroflóry, což může opět vést ke zlepšení zdravotního stavu.

Kromě výše uvedených praktických aplikací helmintů v léčbě pacientů existují údaje o jisté „prevenci“ některých dalších patologických procesů v těle hostitele. Třeba experimentální infekce krevničkou střevní vede ke snížení rizika vzniku aterosklerózy ovlivněním hodnot cholesterolu; parazit působí snížení hladiny „nebezpečného“ LDL a zvýšení hodnot „prospěšného“ HDL. U některých helmintárních infekcí (např. u larvální echinokokózy) bylo

dokumentováno, že parazitární antigeny stimulují vznik protilátek, které zkřížené reagují s antigeny na povrchu buněk některých nádorů. Infekce helmintem tedy *de facto* stimuluje imunitní systém a poskytuje „ochranu“ před nádorovým onemocněním, neboť imunitní systém infikovaného hostitele včas rozpozná případnou nádorovou buňku.

I když jde v obou případech o atraktivní témata, jejich možné zavedení do medicínské praxe bude jistě zdoluhavé. Často se totiž týká parazitů, které pro jejich nebezpečnost (měchožilové, krevničky) nemůžeme aplikovat jako „živé“ vakcíny/léky potenciálním pacientům, takže budoucí výzkum musí nejprve objasnit, které produkty parazitů mají požadovaný efekt na hostitele a jakým způsobem mu je podat. Existuje několik postupů, jak tyto produkty získat. Jedna z možností je izolace přímo ze živých červů, což však předpokládá, že zavedeme často složité životní cyklus parazitů ve speciálních laboratořích, které musejí splňovat přísné hygienické podmínky. To bývá většinou finančně velmi náročné a výsledky nemusejí odpovídat vynaloženému úsilí. Můžeme také získat parazitární proteiny v tzv. rekombinantní formě. To znamená, že na počátku známe nukleotidovou sekvenci určitého genu, v laboratorních podmínkách syntetizujeme příslušný úsek DNA, který následně vložíme do vhodného biologického expresního systému – např. speciálně geneticky upraveného kmeňe kvasinek. Kvasinky spolu s proteiny, jež produkují pro svou vlastní potřebu, začnou vyrábět i protein našeho zájmu. Metoda přípravy proteinů v expresních systémech umožňuje produkci přesně definovaného produktu ve velkém množství, avšak nevýhodou zůstává, že ne všechny proteiny mohou být takto připraveny. Ne vždy se také daří získat protein v aktivní formě, jak ji produkuje parazit.

Ve vývoji takových terapeutik se významnou měrou uplatňují nejnovější poznatky z oblasti molekulární biologie. V dnešní době jsme schopni přečíst kompletní genetickou informaci organismu, což znamená, že v ideálním případě bychom mohli dokázat identifikovat všechny geny, které kódují příslušné proteiny, a zjistit jejich funkci a zapojení do interakcí parazit – hostitel. Výsledky takových analýz nám dávají poměrně přesnou představu o biologii helmintů na molekulární úrovni. V posledních letech byly v oblasti genomiky učiněny značné pokroky a tyto metody se stávají stále dostupnějšími. Pro příklad srovnáme projekt sekvenování lidského genomu, který započal v r. 1990, trval 15 let a stál tři miliardy USD. Dnes umíme získat stejná data za několik hodin za cenu pod 10 tisíc USD. Tím se otevírá cesta k poznání klíčových molekul, jež mohou hrát roli v léčbě výše uvedených nemocí. Vzhledem k tomu, jak relativně mladé je odvětví funkční genomiky a jak dlouhá cesta vede k vývoji léčiv, hlavní éra vývoje terapeutik založených na rekombinantních molekulách parazitických helmintů nás teprve čeká.

Kolektiv spoluautorů: Jana Bulantová, Lucie Jedličková, Roman Leontovyč, Jan Pankrác, Vladimír Skála, Libuše Turjanicová a Petr Horák