

## Viry u zdravých lidí

Lidské tělo obsahuje obrovské množství komenzálních a parazitických bakterií. Podobně jsou přítomny u zdravých lidí také agresivní i mutualistické viry. Jejich kvantita musí být neustále udržována imunitním systémem v neškodné rovnováze. S pokročilým sekvenováním DNA (určením pořadí bází v molekule nukleové kyseliny) jsou v různých vzorcích odebraných zdravým lidem postupně odhalovány rozmanité virové genomy. Tomuto popisu celkové genetické informace v nějakém prostředí se říká metagenomika. Některé viry infikují buňky člověka nebo jiných živých organismů přítomných v těle, jiné jsou přítomny pouze ve formě genetické informace, z níž mohou přejít při aktivaci stresem, poklesem imunity či jinými stimuly k tvorbě infekčních virových částic (virionů).

Viry se u zdravých lidí nalézají především v trávicím traktu. Nejčastěji jde o fágy provázející své bakteriální hostitele zpravidla v desetinásobných počtech, ale mohou to být také viry hub, protozoí a dalších eukaryot přítomných ve střevech nebo rostlinné víry pocházející z potravy. Nejčastějším rostlinným virem v lidské stolici je PMMoV (Pepper Mild Mottle 138 Virus) z pepře, který si zachovává infekčnost i po průchodu trávicím traktem člověka. Díky své stabilitě je PMMoV spolehlivým indikátorem fekální kontaminace vody (Kitajima a kol. 2014).

Viry přítomné u zdravých lidí mohou být výsledkem bezpříznakové nebo končící infekce – adenoviry, rotaviry, astroviry, enteroviry, sapoviry, bokaviry a koronaviry ve stěvě (Lolomadze a Rebrikov 2020), v nosní sliznici respirační syncytiální viry, adenoviry, koronaviry, bokaviry, parechoviry, rhinoviry, metapneumoviry či parainfluenzaviry (Korten a kol. 2020). Ani tento poněkud dlouhý výčet však nezahrnuje všechny nálezy virových genomů. Me-

tagenomické studie viromu v posledním desetiletí přibývají geometrickou řadou.

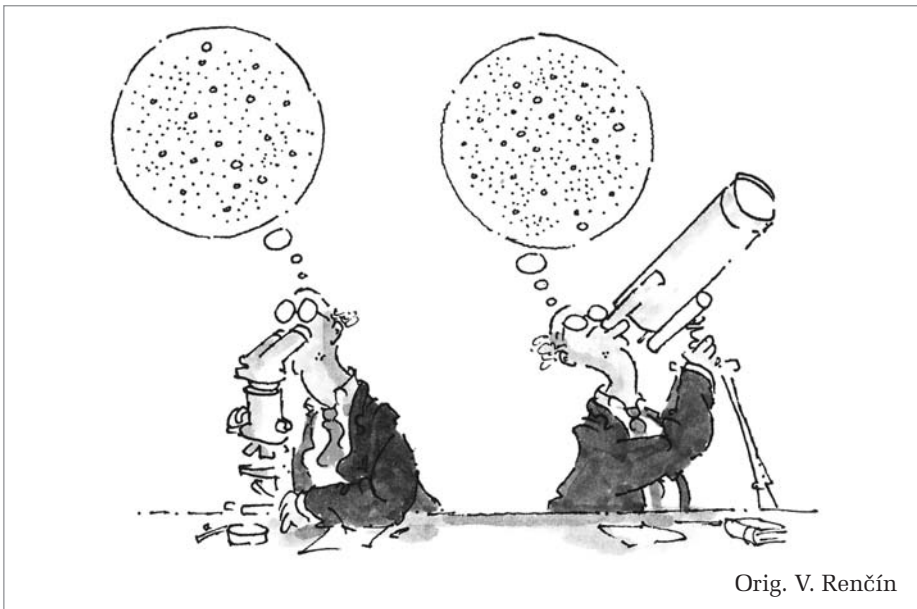
Jiné viry setrvávají u zdravého člověka jsou ve stavu celoživotní latentní infekce. Takové jsou herpesviry oparu a viry planých neštovic či pásového oparu, jejichž DNA genom přetrvává v neuronech ganglií, nebo virus Epstein–Barrové (původce infekční mononukleózy čili tzv. nemoci z líbání u mladých lidí bílé populace, karcinomu nosohltanu u žluté rasy, zatímco u černé rasy v Africe a Nové Guineji způsobuje Burkittův lymfom – nádorové onemocnění lymfocytů), dále k nim patří cytomegaloviry a lidské herpesviry 6 a 7 v lymfocytech nebo jiných bílých krvinkách. Většina lidské populace projde za svůj život několika herpetickými infekcemi, které v dětském věku modulují imunitní systém k vyzrání. Herpesviry přetrvávají jako epizomy (genetická informace není začleňována do eukaryotického genomu) v jádrech buněk, ale herpesvirus 6 integruje svou DNA přímo do lidských chromozomů (do telomer – koncových struktur, které se s postu-

pujícím stárnutím neustále zkracují jako jakési hodiny života) a v případě, že se začlení do zárodečných pohlavních buněk, je jimi předán do další generace. Není známo, jaký má tato virová integrace důsledek. Přítom herpetický virus je přítomen u většiny zdravých lidí (např. v ústní dutině). Podobné „spící“ infekce způsobují i polyoma JC viry, které se mohou fatálně aktivovat po určité biologické léčbě nebo při některých stavech imunitní nedostatečnosti. Imunitní systém nás brání sofistikovanými antivirovými mechanismy, které však nestačí při poruchách imunity, AIDS nebo po transplantacích.

Viry se u zdravých lidí nacházejí v orgánech, na sliznicích i na povrchu těla. Na zdravé kůži jsou přítomny zejména fágy (infikující např. komenzální stafylokoky), polyomaviry, papilomaviry nebo cirkoviry. Vyšetření více než 8 tisíc vzorků krve pro transfuzi odhalilo u 42 % účastníků studie genetické sekvence více než 90 různých virů, např. výše uvedených lidských herpesvirů, anelovirů, papilomavirů, polyomavirů, adenovirů, ale i HIV (původce AIDS), HTLV (viru T lymfocytů), virů hepatitidy B a C, parvoviru B19 a viru chřipky (Moustafa a kol. 2017). Také další metagenomické studie krve zdravých lidí potvrdily nález desítek virových genomů, které mohou být přítomny v mizivém množství, protože metodika sekvenace DNA je velmi citlivá.

Viry osídlují lidský organismus krátce po narození. Pokud nedojde k transplacentární infekci některými viry (např. zarděnky), u novorozenců nezaznamenáme virové částice ani v amniové tekutině, ani ve stolici, ani v jejich těle. Tento bezvirový stav lze udržovat u pokusných bezmikrobních zvířat, která jsou po sterilním porodu (císařském řezu nebo hysterektomii – vyloučení dělohy) chována ve sterilních izolátorech. Přestože nejsou u fetů nalézány virové částice, nové metagenomické studie pomocí sekvenování DNA potvrzují přítomnost četných genomů fágů i lidských virů v plodu. To ukazuje na robustní antivirovou ochranu a obranu lidského embrya a fetu během celého těhotenství.

Protože imunitní systém plodu není stimulován mikroby, je značně nezralý a zranitelný infekcí patogeny. Tento stav se rychle mění s přítomností bakterií, které osídlují novorozence již v porodních cestách a postnatálně. Bakterie jsou provázeny svými fágy. Virové částice byly zjištěny u 15 % odběrů již 17 hodin po porodu. Nejčastějším je *Lactococcus* fág bakterie *Lactococcus lactis*, vstupující do organismu novorozence s kojením. Týden po porodu bylo ve stolici detekováno již  $10^8$  virových částic na 1 g stolice, tedy asi desetina počtu obvyklého u dospělých (Bushman a Liang 2021). Kvantitu virů u novorozenců reguluje právě i kojení, protože mateřské mléko obsahuje jednak imunitní buňky vykazující antivirovou aktivitu, jednak protilátky namířené proti virům, antimikrobiální látky jako laktoferin a dále oligosacharidy, které se vážou na virové částice. Antimikrobiální peptidy s antivirovou aktivitou (např. defenziny) produkuje většina buněk lidského organismu včetně střevní sliznice a součástí antivirové ochrany je i produkce interferonů I. a III. třídy (alfa



Orig. V. Renčín

a lambda), které v infikovaných buňkách ničí cizí mediátorovou RNA (mRNA) a inhibují parazitickou proteosyntézu. Specifickou antivirovou obranu vykonávají mnohem účinněji, ale také mnohem později T a B lymfocyty. Viry nalezené ve stolici novorozenců představují nejčastěji temperované DNA fágy, které své hostitele nezabíjejí – první pionýrské bakterie osídlující střevo dítěte, později lytické fágy, a ještě později viry eukaryot, rostlinné viry ze stravy, případně i viry člověka. Mezi nimi to byly astrovirus, calicivirus, pikornavirus, polyomavirus, adenovirus, parvovirus a anelovirus (Bushman a Liang 2021).

Aneloviry jsou kandidátem na nepatogenní viry člověka. Jsou nalézány u zdravých lidí v séru, slinách a střevě již krátce po narození. Jejich typickým představitelem je Torque Teno Virus (TTV). Tento lidský anelovirus byl poprvé zaznamenán v transfuzní krvi a je považován za lidského komenzála, podobně jako některé cirkoviry kůže a pikobirnaviry ve stolici, o nichž nebylo zjištěno žádné příčinné spojení s nějakou nemocí. Prevalence osídlení dospělé lidské populace aneloviry dosahuje téměř 100 % a jejich přítomnost v pitných a odpadních vodách prozrazuje kontaminaci vod pocházející od lidí. TTV byl nalezen dokonce už v některých vzorcích pupeni-

kové krve (Lolomadze a Rebrikov 2020), avšak pravděpodobně tento virus neprochází placentou. Hostitelské buňky TTV neznáme. Nepatogenních lidských anelovirů byla objevena již celá řada, takže můžeme mluvit o lidském anelomu. Spektrum těchto DNA virů se u každého jedince neustále mění – je možné, že tak odpovídá na interakci s imunitním systémem. Množství TTV totiž narůstá po transplantacích orgánů a jiných depresích imunity (Kaczorowska a van der Hoek 2020).

Viry máme odjakživa spojené s nemocí. Ony však také hrají významnou roli v evoluci života na Zemi, v homeostazi biosféry a v její komunikaci s anorganickou matrix. Aktivně se účastní výměny genů v planetárním genetickém prostředí – vždyť i náš genom obsahuje z 8 % dávné stopy virových genomů, z nichž některé přinesly velké evoluční výhody, jako např. placentu (syncytin, základní protein nezbytný pro vznik placenty, je kódován integrovaným retrovirovým elementem ERW-1; Ryan 2004). Viry prodělávají rychlou evoluci, jak jsme nedávno poznali u SARS-CoV-2 způsobující covid-19. Vždyť i virus spalniček se vyvinul někdy ve středověku z viru dobytčího moru, který byl na rozdíl od lidského viru již vymýcen rozsáhlou celosvětovou vakcinací skotu.

Věčná otázka, zda jsou viry živé, není dosud uspokojivě vyřešena, ale většina biologů virům život stále upírá. Je však jisté, že viry hrály velkou úlohu v evoluci života na Zemi a patří k velmi starým jednotkám živé informace, ne-li vůbec nejstarším. Philip J. L. Bell (2022) z biotechnologické společnosti Microbiogen Pty Ltd. v australském Sydney se dokonce domnívá, že buněčné jádro eukaryot je virového původu. Viry představují nejčetnější biologické jednotky na naší planetě s celkovým počtem snad až  $10^{31}$  částic, z nichž každá je originálním genetickým zápisem. Jsou přítomny ve všech organismech a biotopech – v atmosféře, v půdě včetně arktických a jiných aridních oblastí a ve všech vodách, i horkých termálních. Hustý virový habitat obsahují především oceánská dna, avšak největší hustota virů je nalézána ve střevech a stolici živočichů. Ve zdravém lidském těle udržují fágy rovnovážný stav našeho bakteriálního mikrobiomu a tím přispívají k našemu zdraví.

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živý. K dalšímu čtení např. Živa 2010, 1–6; 2018, 2: 58–62; 2019, 3: 102–108; 2019, 5: 212–215; 2020, 2: XXIX–XXX.

Hana Jeřábková, Michal Štefánek

## Rostlina roku, letos potřetí

Co mají společného vstavač kukačka, hlaváček letní a kociánek dvoudomý? Jde o zástupce naší flóry, kterým byl postupně propůjčen titul rostlina roku, udělovaný každoročně Českou botanickou společností (více v Živě 2021, 3: LXXXVIII, a 2022, 2: XLIV). Všechny sdílejí smutný úděl druhů postupně mizejících z naší krajiny, ač dříve hojných.

Alespoň v případě prvního z nich, vstavače kukačky (*Anacamptis morio*), rostliny

roku 2021, si, doufejme, můžeme dovolit lehký optimismus. Rozbíhají se projekty věnované obnově jeho stanovišť, a to včetně pěstování záchranných kultur pro zachování genofondu a posilování původních populací. Snad i vyhlášením rostlinou roku k nim ČBS přispěla. Příkladem mohou být záchranné aktivity pro tento druh ve východních Čechách (blíže Živa 2023, 1: 13–18). Nově se rozvíjí i regionální akční plán pro České středohoří.

Vstavač kukačka zde přežívá na poslední lokalitě, cílem je tedy vytvořit pro něj podmínky na dalších místech a založit několik náhradních populací. Podrobněji, včetně řady informací o daném druhu, si můžete přečíst přímo v regionálním akčním plánu (Vlačíha a Forejt 2022).

V pořadí druhou rostlinou roku byl loni hlaváček letní (*Adonis aestivalis*, obr. 4; Živa 2022, 3: 119–122). Jde o druh pleveľových společenstev, proto je ochrana jeho stanovišť komplikovaná. Vyžaduje vstřícný přístup ze strany zemědělců a jejich ochotu hospodařit alespoň na okrajích polí s ohledem na potreby daného druhu – ponechat pruhu bez hluboké orby a bez aplikace herbicidů. Můžeme se sice setkat i s plochami, které jsou obhospodařovány cíleně tak, aby zde mohly vzácné plevele dlouhodobě přežít, dosud jich však není mnoho a zůstávají značně izolované (pro příklady viz Jeřábková 2022). Cesta k pestře kulturní krajině, v níž by pro hlaváčky letní, potažmo další druhy s podobnou ekologií, byla dostatečná nabídka vhodných biotopů, bude ještě dlouhá.

Úskalím pro jejich ochranu je také skutečnost, že místa s výskytem těchto druhů často nemáme podchycená, ať již z důvodu dynamiky společenstev (střídání pěstovaných plodin), nebo menšího zájmu o polní kultury mezi botaniky. Proto ČBS v loňském roce vyzvala v rámci akce Rostlina roku k mapování červenokvětých hlaváčků (data shromážděná u této příležitosti Botanickým

