

Pohřbíme (konečně) ekosystém?

MARTIN KONVIČKA

Pohřbít ho – byť se všemi zaslouženými poctami – navrhuje Robert O'Neill na výroční přednášce „Robert Mac Arthur Memorial Lecture“, přetištěné v časopise Ecology (52, 3275–3284, 2001). Jeho úvaha shrnuje námitky proti koncepci ekosystému, jež se pro ekologii svého času stala posvátnou ikonou a dosud jí leckde zůstává. Přesvědčí nás o tom nahlédnutí do některých dosud užívaných středoškolských i vysokoškolských učebnic nebo sledování argumentace mnoha ekologických aktivistů i jejich zarytých odpůrců. Mnozí „strážcové pokladu“ proto jistě budou rozhořčení, což však O'Neillovým argumentům neubírá na naléhavosti.

Termín „ekosystém“ pochází z třicátých let 20. století. Od počátku byl spjat s představou, že přírodní systémy jsou stabilní a po narušení se dokážou vrátit do původního stavu. Sen o „přírodní rovnováze“ je ovšem mnohem starší, lze jej stopovat přinejmenším do dob osvícenských. Po 2. světové válce se ve vědě uplatnil nový metodologický přístup, systémová analýza. Složitě jevy začaly být zkoumány jako systémy vzájemně propojených složek, jež se pomocí zpětných vazeb udržují ve stabilním stavu. Takový přístup umožnil „vědeckou“ definici staré dobré přírodní rovnováhy, jak ji známe třeba z archaické učebnice E. P. Oduma (1953): *homogenní přírodní jednotka zahrnující její živé i neživé složky, jejichž vzájemné vztahy tvoří stabilní systém s koloběhy látek a toky energie*. Analogie mezi přírodními jevy a stroji byla všeobecně srozumitelná ve světě, kde většina populace znala spíše funkci automobilového termostatu než přírodní koloběh síry. Ekosystém tak je podle O'Neilla apriorně přijatým pohledem na svět spíše než interpretací empirických zjištění. Poptávka po „vědeckém“ popisu rovnováhy v přírodě zde byla dávno před ekologií; ta na ni pouze reagovala.

Koncepce ekosystému fungovala, ale špatně

Co je na koncepci ekosystému špatného, když ekologiím sloužila tak dlouho? Podle O'Neilla to, že jim sloužila špatně. Mechanistické pojetí ekosystémů poskytlo „vědecké“ a zároveň srozumitelné argumenty hnutí za ochranu přírody. Chovají-li se totiž přírodní systémy jako stroje a člověk vandalsky narušuje jejich funkci, je to zaručená cesta do pekel. Jenže proroci apokalypsy to poněkud přehnali. Přestože se závěry ekosystémové ekologie postupně prosazovaly do zákonů a předpisů, čímž ovlivňovaly každodenní lidský život, globální apokalypsa se nekonalala. Tím ale ochrana životního prostředí (a odvozeně i věda ekologie) nutně ztrácela na popularitě jako cosi, co jenom omezuje lidskou svobodu, čili prudí, a to zbytečně.

Aby toho nebylo málo, začíná ekosystémové paradigma svým nevyřčeným důrazem na stabilitu a homogenitu omezovat i svobodu přírodu chránit. Jako by nepřibývalo důkazů, že přírodní systémy jsou nerovnovážné, otevřené a heterogenní. Přírodní rovnováha je mýtem a představa o ní ...nadále nemůže

Mgr. Martin Konvička (*1969) vystudoval zoologii na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Na Biologické fakultě Jihočeské univerzity se zabývá ekologií motýlů.

Ekosystém bývá definován jako soubor všech organismů určitého území spolu s veškerou neživou složkou prostředí. Takto plytká definice ovšem zahrnuje jakoukoli libovolně vymezenou část přírody. Ve skutečnosti používáme tento pojem tehdy, studujeme-li přírodu z hlediska toku a výměny látek a energií mezi funkčními skupinami organismů. Nezajímají nás pak konkrétní organismy a jejich vlastnosti, ale biomasa (tj. suma hmotností všech organismů dané funkční skupiny), pozice v potravních sítích a role, kterou zastávají v koloběhu látek a toku energie. David Storch

sloužit jako základ ochrany přírody. Osobně bych O'Neilla ještě doplnil. Protože se zákony o ochraně přírody a životního prostředí z valné části opírají o ekosystémové pojetí, zůstávají zapleveleny odkazy na „funkce ekosystémů“, jejich „zvelebování“ a podobně. To ale působí nemalé potíže, jakmile se ochrana něčeho konkrétního neobejde bez drastičtějších zásahů, třeba pořádného požáru.

Předpoklady *klasické koncepce ekosystémů* nejsou udržitelné ani vědecky. Je pravda, že z oné klasické mechanistické koncepce ekologové postupně slevovali, a to buď k liberálnějšímu pojetím osvobozeným ode všech předpokladů, nebo naopak k pojetím stále sofistikovanějším a operujícím s pojmy jako „nelineární dynamika“ a „fuzzy množiny“. Jenže první pohled nám toho o přírodě moc neříká – ekosystém se stává pouhým označením všech organismů v nějakém prostředí a klidně bychom se bez něj obešli. Druhý přístup pak fascinuje po matematické stránce, ale není intuitivní, a tudíž ani praktický například jako východisko při ochraně přírody. Zato když upustíme od koncepce ekosystému, může nás to od omezujících předpokladů, byť nevyřčených a spíše podvědomých, osvobodit. O které předpoklady jde?

„Příroda, příroda... Není to takový to zelený s tím modrým nahoře?“
Kresba © Vladimír Renčín



KOMENTÁŘE A NÁZORY

Xenopus

Přednáškový
cyklus pořádaný
časopisem Vesmír
v Akademickém
klubu 1. LF UK

od 17 hodin
Faustův dům
v Praze 2
Karlovo
náměstí 502/40

11. 4. 2002

Oldřich Vinař

Psychofarmakologie má klíč k výzkumu funkcí mozku

Skeptici říkají, že psychofarmaka pomohla nejvíc farmaceutickému průmyslu, personálu psychiatrických lůžkových zařízení, příbuzným nemocných – a nemocní jsou až na posledním místě. Poznátky získané při léčbě také pomohly prozkoumat mechanismy účinku těchto léků. Dnes je v popředí zájmu farmakogenetika, poněvadž se ukazuje, že polymorfismus genů spolurozhoduje o účinku psychofarmak.

Zveme všechny, kteří se chtějí setkat s autory Vesmíru a diskutovat s nimi.

Pravidelně vždy
druhý čtvrtek v měsíci

KOMENTÁŘE A NÁZORY

- Nejmenší potíže jsou s *prostorovým ohraničením* ekosystémů, na něž stejně nikdo nevěří. Nejen že toky látek i energií hranice běžně překračují, s tím se tak nějak počítalo vždycky, ale i druhové složení, a tudíž také reakce na narušení a rychlost návratu do „původního“ stavu závisejí především na disperzi jedinců, tedy na dějích přeshraničních.
- Větší problém bude s *homogenitou*. Přestože nikdo soudný nepochybuje o prostorové různorodosti světa, my přírodovědci běžně uvažujeme v kategoriích „typické plochy“ nebo „charakterizujících druhů“. Možná tak bezděky zapomínáme, že právě heterogenita udržuje v přírodě jakous takous stabilitu: příkladem za všechny jsou refugia pionýrských dřevin v lesích.
- Za ještě závažnější problém klasické ekosystémové teorie označuje O'Neill *zaměnitelnost latinských dvousloví*. Má samozřejmě na mysli latinská označení pro druhy a naráží na skutečnost, že klasikům ekosystémové ekologie šlo spíše o ekologické funkční skupiny (producenty, reducenty atd.), které chápali jako jakési černé skříňky, než o druhy samotné. Les zůstane lesem, i když katastrofa zcela zlikviduje dominantní druh stromu a následná sukcese jej nahradí druhem jiným. Pokud se při tom všechny „funkce lesa“ (fixace CO₂, retence vody atd.) vrátí ke stavu před katastrofou, půjde navíc o ekosystém pružně reagující na změny prostředí! Přitom však ekologové běžně ekosystémy pomocí druhů charakterizují, hovoří například o „ekosystému smrkového lesa“. Dnes ale s jistotou víme, že mnohé druhy jsou z hlediska takzvaných ekosystémových funkcí vlastně nadbytečné, popřípadě plně nahraditelné. Navíc jsou na sobě jen výjimečně závislé: z pylových analýz víme, že hlavní evropské dřeviny osídlovaly postglaciální Evropu v různých obdobích a nezávisle na sobě, takže „ekosystémy“ (třeba středoevropská jedlobučina) jsou buď extrémně nestabilní, nebo neexistují. Řešením by bylo omezit ekosystémy (v sou-

1) Nicolson M.: Web Ecology 2, 1–6, 2001.

2) O'Neill R. V., Kahn J. R.: Bioscience 50, 333–337, 2000.

ladu s klasiky) pouze na výkony na úrovni živin, měřitelné coby látkové koloběhy a energetické toky. Jenže abstrahování od druhů nám nebude nic platné, chceme-li ekologické argumenty uplatnit při ochraně přírody.

• Asi nejhorší vadou ekosystémového paradigmatu je *přehlížení role přírodního výběru*. To platí jak pro pojetí černých skříňek, resp. funkčních skupin, kdy je konečkonců jedno, které druhy se starají o produkci biomasy, tak pro seznamy latinských dvousloví, v nichž pro přírodní výběr jaksi nezbylo místo. Přitom selekce může vést k lokálnímu, nebo i globálnímu vymření či k náhradě některých druhů, včetně druhů dominantních! Všechny populace působením přírodního výběru vznikly, přírodní výběr ovlivňuje vztahy mezi nimi. Ekologie opomíjející evoluci nemůže fungovat.¹⁾

• Další vadou klasické koncepce je *opomíjení role člověka* – ten je přitom významným „klíčovým druhem“ spoluurčujícím povahu přírodních procesů.²⁾ Tato výtka je ještě snadno napravitelná, člověka do ekosystémové koncepce zahrnout lze, byť opět s paradoxními důsledky, kdy se intenzivně obdělávaná zemědělská krajina stane nejstabilnějším „klimaxem“ (viz Vesmír 7, 40–43, 1999).

• Posledním hříchem je *opomíjení časoprostorových měřítek*. Ekosystémoví ekologové si jen zřídka uvědomují, že maloplošné poškození (pád stromu), které není za narušení „stability“ pokládáno, je jen pravděpodobněji verzi „katastrofy“ (hurikán vyvrátí celý les). V druhém případě ekosystém vlastně „zanikne“ a jeho opětovný „vznik“ si nelze představit bez procesů, jež se odehrávají někde vně – tedy bez disperze jedinců. Totéž platí i v čase. V dostatečně dlouhých obdobích se pravděpodobnost skutečně rozsáhlé katastrofy (pád asteroidu) blíží jedné a „náprava“ není možná bez vzniku nových druhů. Paradoxním důsledkem je, že ze dvou různě velkých, jinak ale totožných „ekosystémů“ bude stabilnější ten větší.

Koncepce ekosystému v přetrvávajícím mechanickém pojetí tak nedokáže uchopit jevy, pro které vlastně byla zavedena. Navzdory všemu obrazoborectví však nějak potřebujeme vnímat každodenní „fungování“ přírody. A empirickým faktem je, že přírodní společenstva přece jen jsou – bez ohledu na neustálé změny prostředí – v určitých mezích stabilní, a naopak se velmi pružně mění, jakmile výkyvy prostředí omy meze přesáhnou.

Zásady nového paradigmatu

O'Neill nabízí jen některé zásady, jež by měly být zahrnuty v budoucím, novém paradigmatu. Důraz klade na relativnost přírodních dějů vůči měřítkům, na nichž se odehrávají, a na disperzní schopnosti druhů. Především disperze totiž ovlivňuje vývoj po narušení nebo katastrofách. Významnou roli sehrávají klíčové druhy, jejichž aktivita přírodní stanoviště organizuje; k nim samozřejmě patří člověk. Disperzní schopnost konkrétního druhu není dána jednou provždy, ale je relativní vzhledem k studovaným měřítkům. Na populace existující vedle sebe, tedy na to, co bylo dřív „ekosystémem“, je třeba se dívat tak, že maximalizují svůj „biotický potenciál“ (O'Neill jej blíže nespecifikuje, může však jít jediné o starou dobrou reprodukční úspěšnost), v čemž však jsou omezeny jednak fyzikální zákony, jednak vnitrodruhové a mezidruhové soupeření (v nejširším smyslu, tedy včetně predace atd.). Maximální biotický potenciál představuje atraktor, tedy stav, k němuž systém směřuje. Čím je mu ale systém bližší (a zúčastněné populace jsou lépe adaptovány na dané podmínky), tím

je labilnější vůči změně. Dlouhodobou stabilitu systému určuje jeho heterogenita, protože přítomnost různých druhů umožňuje přepínat mezi různými atraktory. Jestli budeme nějaký kus přírody pokládat za „stabilní“, to bude záviset na měřítku našeho pozorování, na rychlosti změn vnějších podmínek a rychlosti změn druhového složení.

O'Neill tak ekosystém nakonec nepohřbívá, ale volá po změně našeho pohledu „dříve, než ekologie utrpí další ztrátu věrohodnosti“. Varuje, že ekologická teorie, která by odhlížela od časoprostorových měřítek, heterogenity, přírodního výběru a identity jednotlivých druhů, není k ničemu, jakmile jde o každodenní otázky spjaté například s ochranou přírody. V tom mu současnost oboru dává za pravdu: taková teorie metapopulací (viz Vesmír 79, 143, 2000/3) nebo nové výboje krajinné ekologie pracují především s prostorovým uspořádáním stanovišť a disperzními schopnostmi konkrétních druhů a populací.

Sám bych byl ještě radikálnější. Přes řadu empirických důkazů proti mechanistickému pohledu na tyto

otázky se nám ekosystémy v posledních letech vracejí zadními vrátky například v podobě debat o „ekosystémových službách“ (viz Vesmír 78, 445–447, 1999). V rámci těchto debat se na druhy a populace opět hledí jako na černé skříňky, byť v poněkud rafinovanější podobě (opylovači a šířitelé semen namísto producentů a dekompozitorů). Zvláště v ochraně přírody pokládám za čestnější argumentovat zachováním atraktivních druhů v původním prostředí, atraktivitou pestré přírody, divočiny, nebo i prastarou koncepcí „přírodních památek“, kterou právě „vědecká“ koncepce ekosystémů odsoudila k (nezaslouženému) zapomnění, a to přes její emotivní i obecně kulturní náboj. Jednou totiž můžeme zjistit, že se bez ekosystémových služeb obejdeme, tak jako se lze obejít bez ekosystémů, popřípadě že je pro nás zajisté nějaké to ministerstvo. A ekosystémové funkce? Ty buď existují (fotosyntéza), a pak je lze zkoumat i bez učené hantýrky, nebo patří do říše mýtů („jemná přediva zpětnovazebných mechanismů“), a pak nám jejich postulování nijak nepomůže. □

Pohřeb ekosystému mnoho nevyřeší

EVA RÁZGOVÁ

Pokud někteří lidé nechápou, že věda se prostě vyvíjí, a dovolávají se učebnicových pravd starých půl století, odstřel ekosystému s nimi moc nezacloumá (vezmou-li jej vůbec na vědomí). Ostatně věda by asi neměla tajrlíkovat podle toho, jak si kde který šířitel jejich pojmů pískne. Je to zaprvé nedůstojné a zadruhé to není k ničemu dobré.

V tomto konkrétním případě není hlavním viníkem samotná koncepce ekosystému, nýbrž právě „poptávka po ‚vědeckém‘ popisu rovnováhy v přírodě“, kterou zmiňuje Martin Konvička (s. 127). Ta ale přežije, ekosystém neekosystém! Nepochybuji o tom, že ji brzy uspokojí nějaký jiný pěkný koncept, možná ještě snáze zneužitelný.

S argumenty zneužívajícími pojem ekosystém se alespoň dá rozumně polemizovat. Na rozdíl od M. Konvičky si totiž myslím, že koncept ekosystému je – v úzce vymezené úrovni popisovaných skutečností

– funkční a smysluplný. Příkladem je popis toho, jak ekosystém lužního lesa ovlivňuje počasí a klima (pro jistotu zdůrazňuji, že s rovnováhou ani stabilitou to *a priori* nemá co dělat). Nahradit ekosystém společenstvem zde nelze, protože se neobejdeme bez neživé přírody. Museli bychom složitě opisovat, že máme na mysli „to všechno dohromady“. A jak známo, i věda v takové situaci obvykle dává přednost jednoduchosti a srozumitelnosti (viz notoricky známý příklad přípustného tvrzení typu „žirafa má dlouhý krk, aby...“, mj. též Vesmír 74, 405, 1995/7).

M. Konvička stále dokola rozebírá klasickou koncepci ekosystému (a hlavně stabilitu), vše ostatní odbývá několika řádky. Současné pojetí ekosystému (v různých obměnách) většinou nevychází ani ze zře-

KOMENTÁŘE A NÁZORY

Autorka působí v Iris, o.p.s. – společnosti pro osvětu a vzdělávání



telného prostorového ohraničení nějaké jednotky, ani z homogenity. Relativitu časoprostorových měřítek M. Konvička mnohdy zdůrazňuje. Roli člověka neopomíjí; s jeho zahrnutím do „hry“ má ovšem problém, který je alespoň pro aplikovanou ekologii typický a s ekosystémem nestojí ani nepadá. Přírodní výběr zcela nepřehlíží, ale často se zabývá situacemi, v nichž tento jev nehraje zásadní roli. S černými skříňkami pracuje, ale to není v přírodních vědách nic neobvyklého (vždyť i „druhov“ koncepce ochrany přírody s nimi musí pracovat, sám biologický druh je černá skříňka). Zacházení s černými skříňkami není samo o sobě špatné, pokud si uvědomujeme související omezení a rizika tohoto náhledu (připouštím ovšem, že v ochraně životního prostředí se tak často neděje).

V článku navrhované „nové paradigma“ se opět neobejde bez černých skříňek ani bez pojmů mimo-

řádě vhodných k mlžení skutečnosti a vymývání mozků (ať žije biotický potenciál!).

A konečně Konvičkou mytizovaná „jemná přediva zpětnovazebných mechanismů“ jsou dle mého celkem prostá záležitost. Zpětnovazebné mechanismy v přírodě evidentně existují (ne že by musely vést právě ke stabilitě). Tam, kde je jich hodně a souvisejí spolu, je můžeme nazvat předivem. A protože je to předivo mnohdy snadno narušitelné (v jistém smyslu slova nestabilní), lze ho nazvat jemným. Nic mytického na tom nevidím, na rozdíl od zachování „atraktivních druhů v původním prostředí“ (to je třeba jurský park?).

Pokud už se čtenáři Vesmíru oblékli do smutečnického, navrhuji pohřbit se všemi poctami raději zasloužilého Oduma a ekosystém ještě chvíli trpělivě opravšovat od ideologického balastu. Alespoň do doby, než vymyslíme něco opravdu chytřejšího. □

Provaz v domě oběšence

JIRÍ SÁDLO

KOMENTÁŘE A NÁZORY

Ekosystém? To jsou ta číslovaná šuplata (uvnitř je šakal, palma nebo skarabeus) a spojující šipky. Les, poušť nebo cokoli jiného není v ideologii ekosystémových učebnic nic než takové schéma. Věda podle toho má být vědou, teprve když je suchopárnější než pouštní realita. Byl jsem tam párkrát, viděl jsem červené kameny, rtuťová zrcadla faty morgany, hyenu v záři pŕlměsíce, fialový psychedelický blín na skalách a pozemní gekony *Teratoscincus* s očima Malého prince. Čestné slovo, žádné černé skříňky a toky energie tam nebyly. Taky tam nebyli džinové, ifriti, ghúlové a ghaddárové. Uprímně řečeno, nebyla tam ani diverzita, a vlastně ani druhy a populace. Byl jsem tam já s více či méně užitečnými metaforami. Se stínem hyen se věda dělat nedá, ale dá se dělat a dávno se dělá taková ekologie, která nepotřebuje toho gekona už dopředu, než se o něj vůbec začne zajímat, degradovat na pět deka heterotrofní biomasy.

V čem je problém? Ne ve vědě, ale v té ideologii. Někoho vyvádí z míry, když se mu zpochybňují životní jistoty jako ekosystém a polednice. Někoho zase, když se za věc samu drží jediný z mnoha způsobů, jak se na ni dívat. Ekosystém prostě už vychází z módy, a to celkem bez ohledu na to, zda to M. Konvička komentuje správně nebo s omyly, zaujatě nebo nezaujatě. Podstatné je, že nám ukazuje věci trapně zřejmé,

TRVALÁ NEUDRŽITELNOST

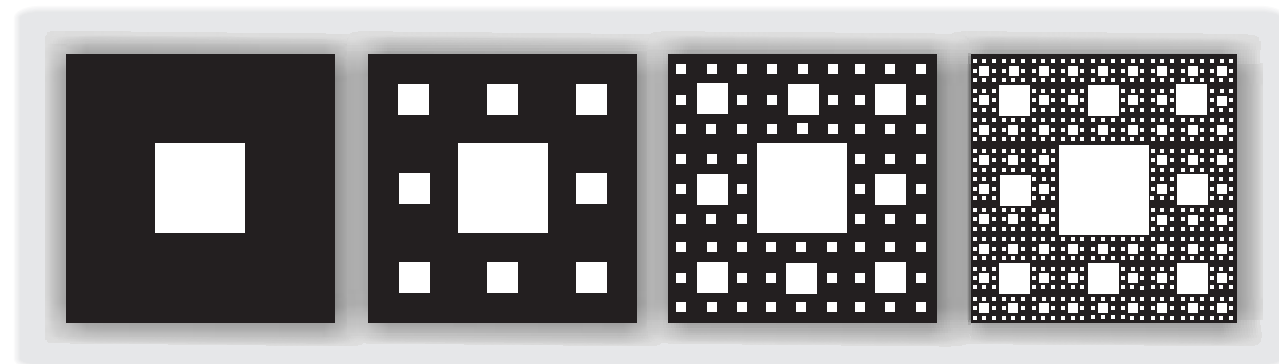
Hluboko v naší povaze vězí návyk záplatovat vznikající problémy, namísto abychom je korektně řešili, či jim dokonce předcházeli. Jenže k tomu, abychom někde mohli záplatovat, potřebujeme jinde tu záplatu vystříhnout.

Uvědomujeme si ale, že i při veškeré snaze po zachování pravidelnosti a pořádku věcí se látka, z níž stříháme, postupem času stává mnohem komplikovanější než to, co je záplatováno? Miroslav Punčochář

kteřé jsme si dávno mohli a měli připustit. Tím může samozřejmě budít pohoršení. Ekosystém je prostě nástroj hrubý a toporný, což jeho použití nutně omezuje. Ovšemže hrubé nástroje jsou taky potřeba, a hodně, a sice na hrubou mechanickou práci. Takže si také myslím, že koncepce ekosystému je v podstatě smysluplná a funkční – funkční jako krajní metafora, jako dílčí metoda jak uvidět jistý stejně dílčí, technický aspekt přírody. Proč by tedy měl být ekosystémový přístup zapomenut? Občas nutně potřebujeme spočítat, kolik fosforu navíc máme v akváriu. Speciálně pro jistý důležitý přístup k hydrobiologii je koncept ekosystému jako ušitý – a taky že pro ni *byl* ušit.

Smutná pravda je také to, co píše Eva Rázgová: že každá vědecká nebo jiná koncepce je zneužitelná a že se z ní snadno stane modla střežená smečkou tupých biřiců. K tomu si přečtete Kuhna nebo jeho o padesát let starší beletristickou obdobu, Vzpouru andělů Anatola France. Proč tedy našince těší, že právě ekosystém se poroučí? Když končí jeden režim, není podmínkou radosti naděje, že by ten nadcházející mohl být lepší. Prostě to už chtělo změnu – jako když si těžkou tašku přehodíte z ruky do ruky. Vědy samotné se tahle změna příliš netýká, tam už nějak tiše proběhla a dneska si nikdo – doufám aspoň – nemyslí, že by ekosystém byl *pravá podstata přírody*, ale spíš ta *užitečná metafora*.

Co na ekosystému vadí, není to, že by to snad byla koncepce nějak *nesprávná* a *nepravdivá* nebo že redukuje realitu (vždyť každý popis ji redukuje), ani že je to umělý konstrukt dělaný podle mustru lidské společnosti (to je vlastně taky docela normální). Vadí to, že je silně metafyzický – za přírodu se nejprve dosadí



neviditelní džinové černých skříněk a ífrítí energetických toků, a v dalším kroku už se příroda sama stává celkem zbytečným informačním šumem; hrdiny děje jsou ti duchové – a ti ovšem už dávno žijí vlastním životem. S diverzitou se takové ošklivé triky taky dají dělat, dávám znova za pravdu E. Rázgové, jenže s tím rozdílem, že přírodní rozmanitost je přece jen nějak blíží zkušenosti a intuici, je bližší selskému rozumu než rozumu technickému. U nás je dneska pořád ještě pravidlem, že ekologicky vzdělaná banda myslivců zničí unikátní step vysázením borovice, aby zvěř měla kryt,

a ekologicky vzdělaná banda živoprostředních úředníků je za to pochváli. Protože jejich evangelium je, že stromy jsou plíce ekosystému a druhové bohatství znamená nic než tuny zvěřiny. Dojedte se podívat třeba do kraje mezi Řípem a Házmburkem a uvidíte sami. Kdy to přestane, o tom píše už Kuhn: „otázka změny paradigmatu je často věcí prostého vymření generace jeho nositelů“ ...snad by konečně ti borci mohli svůj přístup k energeticky bohaté a ekonomicky hodnotné biomase začít aplikovat důsledně, tedy na sobě a na svém potomstvu. Aby byl pokoj. □

Jak se z Popelky stala obdivovaná hvězda aneb Dendritické buňky středem pozornosti imunologů

VÁCLAV HOŘEJŠÍ

Imunitní systém se skládá ze dvou částí – evolučně starší „nespecifické“ či „neadaptivní“ a evolučně mladší „antigenně specifické“, kterou najdeme jen u obratlovců. Ta první část je založena především na fagocytech – buňkách pohlcujících (podobně jako měňavky) mikroorganismy i všechno ostatní, co do organismu nepatří (nejzajímavějšími fagocyty jsou od dob I. Mečnikova makrofágy). Druhá část systému je tvořena hlavně protilátkami (produkty B-lymfocytů) a různými druhy T-lymfocytů, které rozeznávají především infikované buňky a několika různými způsoby se je snaží buď ozdravit, nebo zničit, aby se infekce nemohla šířit dál. Mezi oběma větvemi imunity (nespecifickou a antigenně specifickou) existuje důležité spojení – buňky prezentující antigen (viz Vesmír 78, 565, 1999/10). Donedávna si imunologové mysleli, že nejdůležitějšími z těchto buněk jsou makrofágy. Z imunologických učebnic se studenti dozvěděli, jak makrofágy plní dvojí funkci – požírají mikroorganismy, zbytky odumřelých buněk a vše ostatní, co do zdravého organismu nepatří, a poté ještě na svém povrchu vystavují kousky rozštěpených cizorodých látek (antigenů). Komplexy proteinů MHC s fragmenty antigenů na povrchu makrofágů jsou pak rozeznávány různými typy T-lymfocytů, což tyto buňky stimuluje k tomu, aby zahájily antigenně specifickou fázi imunitní odpovědi.

V posledních letech se však ukázalo, že nejdůležitějšími, či snad téměř jedinými opravdu významnými buňkami prezentujícími antigen jsou dendritické buňky (viz též obr. ve Vesmíru 1999/10 na s. 569). Ty byly objeveny teprve v roce 1973 a téměř 20 let nebyly doceněny; myslelo se, že jsou to nespíše nějaké specializované formy makrofágů s nejasnou funkcí. To se v poslední době změnilo – dendritické buňky se staly snad nejžhavějším tématem imunologie, je muž se věnují stovky světových laboratoří. Kupodivu i přesto zůstává okolo těchto buněk řada nejasností a na mezinárodních imunologických sjezdech se badatelé v tomto oboru přou o zcela základní věci: kolik různých typů těchto buněk vlastně existuje, jaký je jejich původ a jaká je mezi nimi dělba práce. Většina badatelů se shodne na tom, že existují dva základní typy – myeloidní (příbuzné makrofágům a krevním monocytům) a lymfoidní (trochu připomínající primitivní lymfocyty). Oba typy, myeloidní a lymfoidní, ještě existují v několika vývojových stádiích (od nezralých až k plně vyzrálým) s výrazně odlišnými vlastnostmi. Nezralé dendritické buňky obecně dobře pohlcují antigeny, ale neumějí je efektivně předkládat T-lymfocytům, kdežto zralé dendritické buňky mají poměr těchto schopností právě opač-

ný. Dendritické buňky lze studovat mnohem obtížněji než různé jiné druhy bílých krvinek – v krvi nebo lymfě je jich totiž velmi málo; nejvíce jich je v různých tkáních, odkud se jen obtížně získávají. Nejlépe jsou asi prostudovány kožní Langerhansovy buňky. Dojde-li k poranění, Langerhansovy buňky začnou pohlcovat cizorodé antigeny, které se do rány dostaly, a pak odcestují lymfatickými cévami do nejbližší lymfatické uzliny. Po cestě se změní a stanou se z nich perfektní (jak se též říká „profesionální“) buňky prezentující antigen – na jejich povrchu se objeví velké množství molekul MHC (nástrojů pro prezentaci antigenních fragmentů) a několik adhezivních molekul nezbytných pro dobrou komunikaci s T-lymfocyty. K takové komunikaci skutečně v uzlině neprodleně dojde a začnou tak vznikat klony různých druhů pomocných a cytotoxických (zabíječských) T-lymfocytů. To nakonec vede k vzniku protilátek nebo k zánětlivé reakci. Ukazuje se, že různé druhy dendritických buněk mohou více či méně efektivně stimulovat různé typy pomocných, zabíječských a regulačních T-lymfocytů a tak rozhodovat o tom, jaký charakter bude mít imunitní odpověď proti určitému patogenu, resp. dojde-li k ní vůbec. Pozoruhodné je, že nezralé dendritické buňky (kterých je ve zdravém, neinfikovaném organismu drtivá většina) zřejmě zabezpečují toleranci T-lymfocytů k vlastním buňkám – stimulují totiž hlavně regulační (supresorové) T-lymfocyty a naopak tlumí (anergizují) potenciální autoreaktivní T-lymfocyty.

Určitý terminologický zmatek někdy vzniká tím, že kromě mnohotvárných „opravdových“ dendritických buněk existují ještě „folikulární dendritické buňky“ (FDC), které s dendritickými buňkami nemají téměř nic společného (jenom mají také dlouhé výběžky – dendrity), nepatří dokonce ani mezi bílé krvinky (leukocyty). Folikulární dendritické buňky spolupracují s B-lymfocyty při produkci protilátek, ale to je zase úplně jiná historie.

Největší pozornost vzbuzují dendritické buňky v souvislosti se snahami využít je k posílení protinádorových imunitních odpovědí. Desítky akademických i firemních pracovišť se snaží vyvinout postupy, které by umožnily vypěstovat „ve zkumavce“ velké množství dendritických buněk, „nakrmit“ je nádorovými antigeny v přítomnosti správně namíchané směsi stimulačních cytokinů, a pak pomocí nich účinně probudit klony T-lymfocytů schopné napadat a ničit nádorové buňky. To není jednoduchý úkol – existuje nebezpečí, že se místo protinádorové odpovědi vyvolá nějaké nebezpečné autoimunitní onemocnění nebo že dendritické buňky budou místo

účinných protinádorových T-lymfocytů stimulovat regulační buňky, které protinádorovou odpověď ještě více potlačí. Zásadní metodický pokrok nastal před několika lety, kdy byla objevena jednoduchá metoda přípravy velkého množství dendritických buněk z krevních monocytů. Tyto buňky se asi týden inkubují v přítomnosti cytokinů IL-4 a GM-CSF, a potom ještě několik dní v přítomnosti jiných látek (cytokinu TNF nebo bakteriálních lipopolysacharidů), a tím se přemění ve zralé dendritické buňky. Dosa-

vadní výsledky vypadají docela nadějně a lze doufat, že již brzy budou k dispozici alespoň částečně účinné metody imunoterapie některých nádorových onemocnění.

Přehlížené dendritické buňky se tedy dostaly do světla reflektorů. A co se stalo s makrofágy? Ty jsou dnes považovány hlavně za „uklízeče“ pozůstatků všemožných odumřelých buněk a za spoluhráče jednoho typu pomocných T-lymfocytů (T_H1) při rozvoji zánětlivých reakcí. □

Chrání statiny mozek před Alzheimerovou chorobou?

MARTINA SLAPNIČKOVÁ

Víme, že nižší hladina cholesterolu v krvi snižuje riziko cévních mozkových příhod a kardiovaskulárních onemocnění – srdečního infarktu. Teprve nedávno se však ukázalo, že možná něco podobného platí o Alzheimerově chorobě (o ní viz Vesmír 81, 11–16, 2002/1). Za jednoho z vlníků této choroby byl označen amyloid beta, který je součástí senilních plaků v mozcích nemocných a také se ukládá do stěn mozkových cév.

Alzheimerova choroba a ateroskleróza mají některé společné rysy. U obou onemocnění vzrůstá pravděpodobnost klinického projevu choroby s věkem, u obou se jako jedna z příčin objevuje abnormálně vysoké hromadění běžných metabolitů (u aterosklerózy cholesterolu, u Alzheimerovy choroby amyloidu beta). Před deseti lety si soudní patolog Larry Sparks všiml, že u lidí, kteří podleli kardiovaskulárnímu onemocnění, byly v mozku přítomny amyloidní plaky charakteristické pro Alzheimerovu chorobu. U stejně starých lidí, kteří zemřeli z jiného důvodu, se tyto plaky objevovaly v mnohem menší míře. Je tedy mezi oběma chorobami nějaký vztah?

● **Cholesterol – dobrák, nebo bídák?** Odpověď není jednoznačná. Částečně organismu pomáhá, částečně mu škodí (viz rámeček). V těle dospělého člověka je přibližně 70 g cholesterolu, ale jen 0,3–0,8 g cholesterolu získává denně z potravy. Větší část (asi 1 g denně) si tělo vyrábí v jaterních buňkách a v některých endokrinních žlázách. Vázaný cholesterol tvoří lipidní struktury buněk. Ovlivňuje biofyzikální vlastnosti membrán, přenosy signálů a je prekurzorem bioaktivních steroidů. Menší část cholesterolu koluje v krvi a je nabízena tkáním. Cholesterol je ve vodě nerozpustný a využívá hydrofilní proteinový přenašeč, s nímž tvoří lipoprotein. Nejvíce choleste-

rolu přenášejí lipoproteiny o nízké hustotě (LDL), které mohou teroristicky napadat cévní stěny, pronikat do nich a po oxidaci zahájit proces aterosklerózy (viz Vesmír 79, 670, 2000/12).

● **Naděje vložená do statinů.** Statiny jsou chemické látky inhibující důležitý enzym (HMG-CoA reduktázu), jehož prostřednictvím organismus syntetizuje cholesterol. Běžně se používají při léčbě kardiovaskulárních chorob. Blokují endogenní syntézu cholesterolu a zvyšují odbourávání LDL-cholesterolu z krevního oběhu. Stimulují endotelový enzym nitric-oxid-syntázu, který rozšiřuje cévy, ale zřejmě také (svými antioxidantními, protizánětlivými a protisrážlivými účinky) stabilizují aterosklerotické pláty.

Podle epidemiologických studií je výskyt Alzheimerovy choroby u pacientů léčených statiny až o 70 % nižší než v kontrolní skupině. Z výzkumů na zvířatech vyplývá, že statiny mění aktivitu enzymů, které se podílejí na tvorbě amyloidu beta. Díky zvýšené aktivitě alfa-sekretázy vzniká místo amyloidu beta neškodný produkt, který se do senilních plaků neukládá. Sekretázu pravděpodobně neovlivňuje přímo cholesterol, ale spíše některý z jeho esterů, jiný lipid. Záleží také na poměru mezi volným cholesterolem a cholesterolovými estery.

● **Nezodpovězené otázky.** Proč některé statiny riziko Alzheimerovy choroby snižují a jiné ne, přestože do centrálního nervového systému pronikají podobným způsobem? Existuje spojitost mezi nízkou hladinou cholesterolu a zvýšeným rizikem krvácení do mozku?

Zatím víme, že po inhibici syntézy cholesterolu *in vitro* byla pozorována indukce programované buněčné smrti v kultuře neuronálních a gliových buněk modelových zvířat. V klinických studiích se sleduje, zda statiny brzdí postup mírné a střední formy Alzheimerovy choroby. Rovněž se zkoumá, jestli nízká hladina cholesterolu nemůže mít škodlivý vliv na kognitivní funkce – schopnost mozku adekvátně zpracovat dostupné informace. Zdá se, že u pacientů léčených statiny se mírně sníží psychomotorická rychlost, zhorší se paměť a klesne pozornost. Jestli skutečně statiny prospívají nejen srdci, ale i lidskému mozku (přesněji řečeno, jestli mozku vážněji neškodí), se dozvíme v roce 2002 po vyhodnocení studie PROSPER (zahrnuje přes 5000 pacientů ze Skotska, Irsko a Nizozemska). Již nyní však můžeme omezit příjem zbytečného cholesterolu v potravě a prospět tak svému srdci, mozku i postavě. □

METABOLIZMUS CHOLESTEROLU V MOZKU

Centrální nervový systém představuje pouhých 2 % celkové hmotnosti těla, ale obsahuje téměř 25 % neesterifikovaného cholesterolu z celkového množství v lidském těle. Tento sterol se vyskytuje v membránách gliových (podpůrných) buněk a neuronů, přesněji řečeno ve speciálních membránách myelinových pochev, které obalují dlouhé výběžky neuronů. Téměř všechny cholesterol v centrálním nervovém systému se syntetizuje přímo v mozku. Neuronální oxidativní enzym CYP46 (druh cytochromu P-450) oxiduje cholesterol na 24S-hydroxycholesterol, který může být z mozku odstraněn. V průběhu neurodegenerativních chorob se obrátí cholesterol v centrálním nervovém systému významně zvyšuje. Experimenty ukázaly, že když se sníží koncentrace cholesterolu v mozku, klesne tendence k ukládání amyloidu beta. To znamená, že zvýšená aktivita enzymu CYP46 v gliových buňkách může pacientům prospět.

Mgr. Martina Slapničková (*1976) vystudovala Biologickou fakultu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. V Ústavu molekulární genetiky se zabývá genetickou analýzou imunitní odpovědi myši na infekci parazitem *Leishmania major*.