

# Špína může být klíč k léčbě autoimunitních chorob, říká imunobiolog

16. 8. 2020 idnes.cz str.0 sekce: zprávy

*idnes.cz* Akademie věd ČR

Ochutnávání světa dětmi se ukazuje jako důležitá část evoluce. Písek v puse je spolu s mikroby v něm důležitý pro budování obranyschopnosti a může chránit před vznikem autoimunitních nemocí. „Ve střevěch jsou miliardy důležitých bakterií. Určité mikroby mohou zabránit rozvoji cukrovky 1. typu nebo roztroušené sklerózy,“ říká šéf výzkumného týmu z Akademie věd imunobiolog Dominik Filipp.

**Studie, kterou jste vydali v prestižním časopisu Nature Communications, hovoří o tom, že mikroby mohou pomáhat v léčbě i prevenci autoimunitních chorob. Že jsou pro nás bakterie důležité, víme přeci už dlouho v rámci takzvané hygienické hypotézy.**

To ano, ale studie hovoří o tom, že potřebujeme být vystaveni bakteriím. Je to 31 let, co hypotézu prezentovali a vznikla na základě pozorování, že rodiny s více dětmi trpí méně nemocemi. Mají méně alergií, ekzémů. Hypotéza vznikla bez hlubších spojitostí. Čím více máte sourozenců, tím více bakterií se domů přinese, o to většímu počtu bakterií je člověk vystavený a tím se předchází nejrůznějším onemocněním, protože si na ně vybudujeme obranyschopnost.

**A v čem je tedy problém, že podle vás tato hypotéza neplatí?**

Je pravda, že zhruba od padesátých let stoupá počet alergických a autoimunitních onemocnění. Souvisí to hodně se změnou našeho životního stylu, například s větším užíváním antibiotik, vyšší hygienou v bytech. Všechno je vyluxované, denně se sprchujeme, umýváme každé jídlo, změnili jsme hodně jídelníček, používáme málo rostlinné vlákniny, často používáme dezinfekci, dýcháme znečištěný vzduch a spoustu dalšího.

**Dezinfekce tělu vadí?**

Nadměrně ano, ale jde o to, že společně tyto změny přímo i nepřímo zamezují našemu vystavování se mikrobům a jejich osídlování našeho těla ve střevě, na pokožce nebo v plicích. Vědci však po pátrání, jestli hypotéza o přehnané osobní hygieně platí, zjistili, že ne úplně. Není to až tak o osobní hygieně během našeho života, ale spíše o tom, že imunitní systém je určitým způsobem nastavený a vyvíjí se už od raného věku.

**Jak je nastavený?**

Jsou to dvě vzájemně se vylučující polohy, které mohou znít složitě, ale nejsou. První je odpověď Th1, která je cytotoxická. Což znamená, že imunitní systém už je vycvičený a bakterie i viry je schopen zneškodnit. Pak je Th2 imunitní odpověď, která nutí imunitní systém k větší produkci protilátek, což je jeden z hlavních předpokladů pro vznik alergických imunitních reakcí. Pro zdravý život je potřebujeme mít obě v určité rovnováze. Pokud ne, máme potenciální problém. Nadmíra Th2 imunitní odpovědi může vést k alergiím, přehnaný posun na stranu Th1 může znamenat sklon k chronickým zánětům a autoimunitě.

**Takže v době, kdy se člověk narodí, je nastaven na druhou imunitní odpověď Th2, protože ty útočné buňky ještě nejsou vycvičené?**

Ano, vycvičení spolu s nastavením rovnováhy mezi těmito polohami je potřeba docílit. Imunitní systém několik let po narození je takové obrovské výcvikové středisko. Jeho správné naladění se uskutečňuje stimulací imunitního systému mikroby, díky kterým produkuje správnou směs cytokinů. To jsou chemické látky, které posunou v těle balanc mírně na stranu odpovědi Th1. Tím imunitní systém více citlivě a spolehlivě reaguje na mikroby, bakterie i viry a předchází alergickým reakcím.

## **Co se v 50. letech minulého století ve světě změnilo?**

Od té doby máme v západním světě daleko více nemocných s alergiemi a autoimunitními onemocněními. Ve Finsku je třeba velký a trvalý nárůst diabetiků prvního typu, což je jedno z významných autoimunitních onemocnění. V Pákistánu je to oproti Finsku jen zanedbatelná část. Ale velké rozdíly můžeme najít i v geograficky sousedících krajinách, například v Estonsku je diabetiků méně a v přilehlé části Ruska ještě mnohem méně než ve zmíněném Finsku.

## **To vypadá, že vyšší životní úroveň je pro naše tělo a imunitu problém.**

Dá se to tak říct, ale nemusí to tak být. Životní prostředí ve zmíněných státech si je velmi podobné, ale životní úroveň se liší. Mezi těmito třemi národy proběhla obrovská studie, v níž se ukázalo, že rozdíl mezi dětmi ve zmíněných zemích je mikrobiom ve stolici, tedy jaké mají bakterie ve střevech. Proto je zavádějící používat označení „hygienická hypotéza“, protože je to pro spoustu lidí synonymum k mytí rukou či úklidu, které ke zdraví stačí. O tom to není. Je to o potřebě osídlit střevo do třetího roku života dostatkem dobrých bakterií. Proto hygienickou hypotézu její protagonisté navrhli v roce 2003 přejmenovat na Hypotézu starých známých.

## **Jak se mají děti vystavovat bakteriím?**

Základem je, aby jim byly vystaveny v předškolním věku, v rozumné míře a co největšímu počtu. Od dob života v pralesích a jeskyních jsou bakterie naši největší kamarádi. Před třiceti lety si děti hrály venku, jedly špinavými rukama a z písku i hlíny dostávaly bakterie do těla. Takové bakterie, které nezpůsobují žádné nemoci, akorát se nám dostanou do těla a pomáhají nastavovat imunitní systém. Hygienická hypotéza je lidmi zvrácená, nejde o život v čistém světě.

## **Děti musí být vystaveny světu**

### **Už několikrát jste zmínil, že je potřeba se jim vystavit v raném dětství. To se to později nedá dohnat?**

Dá, ale těžko. Musíme si uvědomit, že chceme změnit něco zaběhnutého, co je navíc velmi složitý systém. Je to jako se v dospělosti učit jazyky nebo hrát na klavír. Také bude většina lidí souhlasit, že později je to složitější než v dětství.

### **Takže je to jako rekonstrukce už hotového, ale špatně postaveného domu, místo toho abychom ho už od začátku postavili správně.**

V raném dětství se po náporu bakterií vyselektují ty, které budou tělo v budoucnu ochraňovat. To, že si děti strkají neustále věci do pusy, písek a další „nečistoty“, je evoluční záležitost, protože například právě v písku jsou určité typy neškodných mykobakterií, které se zdají být hodně užitečné pro vývoj imunity.

### **Jak moc je důležité naučit imunitní systém toleranci, aby neubližoval vlastnímu tělu?**

Je to alfa a omega našeho zdraví. Naš imunitní systém musí být nejen schopný nás účinně bránit proti patogenům, ale musí být také dostatečně tolerantní vůči vlastnímu tělu, jinak nám bude ubližovat ve formě autoimunitních chorob. Je obrovský rozdíl mezi imunitními mechanismy, které odstraňují patogeny z těla a těmi, kterými imunitní systém toleruje sám sebe. A právě ty tolerující probíhají v brzlíku, který je zásadní pro vývoj T-lymfocytů.

### **To mluvíme o vrozené, nebo získané imunitě?**

Ve spojitosti s brzlíkem mluvíme hlavně o získané imunitě, která je neuvěřitelně specifická. Každý složitější organismus má oba druhy této imunity. Je potřeba mít obranyschopnost, která nás ochrání v první vlně infekce, což je imunita vrozená. Savci a lidé mají omezený počet potomků, žijí relativně dlouho, mnohdy na jednom místě a infekce v daném prostředí se často opakují. Proto potřebujeme mít důmyslnější jednotky získané obranyschopnosti, které jsou schopny do detailu rozpoznat všechny „součástky“ biologického světa kolem nás a které si navíc pamatují patogeny, s kterými jsme se již potkali. Tak se efektivně ubráníme a můžeme žít déle.

## **Získaná imunita nám vytvoří speciální jednotky, které jsou schopné rozpoznat a zničit vybrané skupiny cizorodých látek, nikoli bránit tělo plošně.**

Každý lymfocyt má na svém povrchu senzor, nazývaný receptor, který může na sebe vázat nějakou jinou molekulu. To je dáno tím, že konec receptoru tvoří prohlubeň, do které ta či ona molekula nebo její část musí přesně zapadnout. Jako když v pohádce Tři oříšky pro Popelku princ testuje, které z přítomných dam sedne stěvíc na nohu jak ulitý. Základem téměř neomezené kapacity T-lymfocytů rozpoznávat cizorodé struktury je, že každý T-lymfocyt si v brzlíku zkonstruuje svůj vlastní receptor, a to bez jakékoli instrukce jak má ta prohlubeň vypadat. Je to takové losování v osudí sportky.

### **Má to nějaký systém?**

Jde o velmi komplikovaný proces, ale úplně náhodný. Problém je, že T-lymfocyt nepozná, jestli do jeho prohlubně zapadne molekula jeho vlastního těla, nebo nějaká nebezpečná bakterie zvenčí. Ví jen to, že když tam něco přesně zapadne, tak se sám aktivuje a navázaný objekt nebo strukturu zničí. A v tom tkví největší problém adaptivního imunitního systému: T-lymfocyty, které jsou jeho hlavní součástí, jsou jako vojáci, kteří mají potenciál ničit nejen nepřátele, ale i své vlastní lidi.

### **Vojáky ale přeci naučím, aby neútočili na moje lidi na ulici, ne?**

Naučíte, ale představte si, že je úplná tma. Nic nevidí, ale mají čidla, která jim říkají, že když do nich něco zapadne, mají zaútočit. Někdy jsou to ale i ti vaši lidé, kdo zapadnou. Jak jim řeknete, aby na ně neútočili, když nic nevidí?

### **Dám jim potřebné vybavení k tomu, aby je dokázali vidět i rozpoznat. Řekněme noční vidění.**

Bohužel to takhle jednoduché není. V principu, imunitní systém řeší tento problém tak, že všechny T-lymfocyty, jejichž receptory rozpoznávají komponenty svého vlastního těla, fyzicky odstraní. Tento selekční proces se odehrává v brzlíku. Všechno je to založené na rozpoznávání struktur. Specializované thymové epitelové buňky, nazývané mTECs, mají jedinečnou schopnost na svém povrchu ukázat téměř všechny komponenty našeho těla, a vyvíjející T-lymfocyty zkoumají, jestli z těchto komponentů zapadne něco do jejich receptoru, čidla. Jako třeba ozubená kola, puzzle nebo klíč a zámek. Jakmile zapadnou, T buňka dostane signál, že rozpoznává vlastní tělo a spustí genetický program své kontrolované smrti, protože takovou buňku tělo nechce.

### **Proč ne? Je to přeci moje buňka.**

Ale ne správná. Problém nastává tehdy, kdy v těle není rovnováha, které je základem biologie. Navíc biologie není nikdy černobílá, není ano, nebo ne. Biologie je kvantitativní. Pokud se buňka příliš váže na jeden receptor, odstraňujeme jí. Pak je další, která se naopak nikdy nenaváže a nenajde partnera, ty taky odstraňujeme. V těle jsou potřeba vojáci, kteří mají rozmanitou schopnost rozpoznávání. Pokud si to přiblížíme na lidech, tak poznají, že jste žena, Češka, běloška, ale už například neví, co máte ráda. Buňka toho nemůže vědět ani moc, ani málo, protože jinak by útočila do vlastních řad.

### **To se ale chodí po dost tenkém ledě, ne? Kde je ta správná míra?**

Ten „led“ je tenký jako papír. V jednu chvíli je všechno v pořádku, pak stačí o vlas pohnout měrnými ručičkami a najednou je to špatně a jste za nepřátelskou jednotku. Pokud si ale buňka neví rady, pohybuje se na té hraně, změní se na takzvanou regulační buňku. V tu chvíli získá speciální funkci a tou je blokování všech imunitních odpovědí. To znamená, že pokud máte nějakou buňku, která proklouzne v celém tomto procesu rozpoznávání, odejde někam na periferii, T regulační buňky je zastaví a zamezí imunitní odpovědi, pro kterou je potřeba opravdu velký stimul, aby vůbec nastala.

---

*„Experimenty na myších nejsou úplně přesné a to právě proto, že do nich dáme jednu bakterii místo toho, abychom k ní dali ještě tisíce dalších, ale ukazují cestu. Je to jako když byste byla na diskotéce sama. Jste sice u baru, ale není to zábava.“*

---

### **A co by se stalo, kdybychom ty T regulační buňky neměli?**

Byl by to problém. Takovéto pokusy jsou na myších. Myši, které T regulační buňky nemají, zemrou v průběhu pár dní na autoimunitní onemocnění. Není tam totiž nikdo, kdo by imunitní systém tlumil a cílil obranyschopnost jen tam, kde je potřeba. Byla by to anarchie a chaos. To celé, o čem se ale spolu bavíme, zdaleka není perfektní a bezchybný proces.

### **Takže kdybyste mi teď z těla odstranil T regulační buňky, můžu mít autoimunitní onemocnění?**

Nejen že můžete, ale určitě ho budete mít, tak do týdne. T regulační buňky dohlíží na naše zdraví a regulují, aby bylo v rovnováze. Přesně ony totiž potlačují ty slabé autoimunitní reakce. Když je máte v pořádku, tak je to dobře namazaný stroj vašich nejlepších agentů. Přesně vycvičených, s nejlepšími schopnostmi a znalostmi, kteří dohlíží na pořádek v ulicích vašeho těla a všechno rozpoznají správně.

### **Proto jsou tedy lidé ve světě převážně v pořádku, protože jejich armáda tajných agentů funguje správně.**

Ano. Problém nastává tehdy, kdy tomu tak není. Existuje i choroba, zvaná IPEX syndrom, kde tyto buňky nefungují a výsledkem je silná autoimunita. Vraťme se na chvíli k číslům. Ve zmiňovaném Finsku má zhruba 60 na 100 tisíc dětí diabetes 1. typu, který byl dřív poměrně vzácný. Například v Pákistánu je ten poměr daleko menší. Aby se nám to dobře počítalo, tak je to 1 dítě na 200 tisíc dětí. Kdežto ve Finsku je to 120 dětí na 200 tisíc. 120 nemocných oproti jednomu. To je obrovský rozdíl. Spousta dětí má tedy od útlého věku zdravotní problémy, které se podepíší na jejich životě od narození. Je to mnohočetný problém, tedy i finanční zatížení státu či zdravotnictví.

### **U nás jsou ta čísla jaká?**

Je to zhruba 15 až 20 případů na 100 tisíc dětí, ale roste to. Problém je, že se stále ještě neví, jak přesně bakterie ovlivňují nastavení imunitního systému. Vycházelo se z hygienické hypotézy a teorii o čistotě, ale tím to nakonec podle studií není – ve srovnávaných zemích mezi Finskem, Estonskem a Ruskem si lidé myjí ruce, ale liší se jim složení mikrobioty ve střevě. Finské a estonské děti měly převahu tlumících bakterií, kdežto děti v Rusku měly ve střevech více bakterií E.coli, která imunitní systém posiluje.

### **Takže se neví, jak správně bakterie ve střevech nakombinovat tak, aby byla obranyschopnost ideální?**

Víme, jak tam ty bakterie přicházejí, ale nevíme přesně, jak to funguje, i když v posledních letech děláme pokroky. Ještě před padesáti lety byla stolice považovaná za náš odpad, nikdo ani netušil, že bakterie ve střevech něco dělají. Dneska už naopak víme, že se bez nich neobejdeme. Čeští vědci mají navíc oproti světu jednu obrovskou výhodu ve zkoumání.

### **Myslíte Mikrobiologický ústav Nový Hrádek, kde se zkoumají unikátní zvířata?**

Ano, jsou totiž bezmikrobná. Žijí ve speciálních boxech, kde není žádná bakterie a díky tomu se dá studovat, jaký efekt mají určité bakterie na náš život.

### **Jak takové studium vypadá a k čemu je to dobré studovat jen jednu bakterii?**

Jsou tam myši a prasata. V případě, že si vyberete myš, která nemá absolutně žádnou bakterii, tak je sice díky boxu před světem v bezpečí, ale celý imunitní systém obrovsky strádá. Má sice potřebné buňky, ale je nedovyvinutý. Jakmile ale začnete střevo osidlovat bakteriemi, imunitní systém začne fungovat.

### **A v čem je tedy výhoda těchto experimentů?**

Můžete myši monokolonizovat jednou bakterií, kterou si vyberete a můžete sledovat, co přesně určitá bakterie dělá. Díky tomu jsme dokázali zjistit, které bakterie umí přesně stimulovat imunitní systém a také jak.

### **No dobře, ale pokud budu na zahradě mít jenom rajčata, tak se mi tam sice chytanou, ale jakmile přidám ještě okurku, mrkev, papriku a navrch zasadím ořech, tak se těm rajčatům už tolik dařit nebude, ne?**

Ty experimenty nejsou úplně přesné, a to právě proto, že tam dáme jednu bakterii místo toho, abychom k ní dali tisíce dalších, ale ukazují cestu. Je to jako když byste byla na diskotéce sama. Jste sice u baru, ale není to zábava.

## **Já tam ale nejsem sama, jsem tam tisíckrát, milionkrát.**

To jste, protože se jako monokultura extrémně rozmnožíte. My proto nebudeme vědět, jak tancujete v páru, ale můžeme se podívat, jaký je repertoár vašich tanečních pohybů, ze kterých pak můžeme vycházet. Biologie je vždycky o diverzitě, a o tu jde. Chceme, aby naše mikrobiota byla co nejrozmanitější.

## **Jak by měla vypadat?**

Těch pár tisíc druhů bakterií je rozdělených do menších tříd, zhruba padesát až sto podskupin, které mají další skupinky mikrobů, jež jsou mezi sebou jako rodinky. Jakmile vezmeme jednu bakterii, tak se nic moc nestane. Jakmile bychom ale dali pryč jednu celou rodinku, to se začnou dít věci.

## **Panelák plný chuligánů**

### **Co se začne dít?**

Systém se začne hroutit jako domeček z karet, je to řetězová reakce. Představme si obytný dům. V něm je sto bytů a v každém bytě je rodina, která má v rámci domu určité povinnosti. Koho si do domu jako vlastníka dáte? Jen ty, co chcete a budete si vybírat. Nebudete tam chtít rodiny, které nedodržují pravidla, neplatí nájem, vaří místo oběda drogy a celé žití v domě narušují.

### **Prostě to chceme tak, aby byl život v paneláku harmonický.**

A tak to chcete i ve střevě. Každá z těch skupin má svou funkci a je třeba, aby byl jejich poměr a počet vyvážený. Pokud bude žít v prostředí, které bude čisté, nebo dokonce sterilní, odmítáte tím dobré bakterie a nebudou osidlovat váš panelák. Místo toho se vám tam můžou nastěhovat třeba klostridie, což jsou vyloženě chuligáni a lidé s takovou infekcí stráví třeba rok na záchodě.

### **To se ale dá léčit, že? Zvláštním, ale vysoce účinným způsobem.**

Vzhledem k tomu, že se jedná o lidské exkrementy, není fekaloterapie nic hezkého, ale je to neuvěřitelně účinné. Ze střeva pacienta se vytáhne špatná stolice a zpátky se aplikuje zdravá stolice s dobrými a potřebnými bakteriemi. Za 24 hodin jsou ti lidé v pořádku, neuvěřitelné. Jen to není tak sexy jako transplantace orgánů nebo transfuze.

### **Dobře, ale kulturu ve střevě jde nastartovat probiotiky. Bylo by na základě vaší studie možné něco podobného i v léčbě autoimunitních chorob?**

Mohlo by to být podobné probiotikům. Malé děti by mohly brát speciální mikrobiální pilulku. Ta by vyškolila jejich obranyschopnost a ochránila je před těmi autoimunitními onemocněními, jako je třeba cukrovka prvního typu nebo roztroušená skleróza. Je to pořád základní výzkum a je potřeba ještě hodně zkoumat, co všechno imunitní reakci organismu ovlivňuje. Ve výsledku by to ale mohlo pomoci dětem s autoimunitním onemocněním v rodině.

### **Jaké nové poznatky jako celku vaše studie přináší?**

Bakterie jsou tu pro nás a my pro ně. Vnímáme je skrze Toll receptory, kterými se naše studie zabývá. Ukazuje se, že s pomocí bakteriálních produktů do určité míry manipulujeme nebo nastavujeme imunitní systém tak, aby byl k autoimunitním chorobám rezistentní. Základem úspěchu jsou zmiňované T-regulační buňky, zkráceně Tregy. Školí se v brzlíku, kde se buňky učí.

### **A od koho se to správné chování učí?**

Celou školu řídí thymové epitelové buňky, už zmiňované mTECs. To jsou takoví ředitelé, učitelé a popravčí v jednom. Ty rozhodují o osudu T-buněk, protože testují, jak silně rozpoznávají své vlastní struktury. Pokud T lymfocyt rozpozná na svém učiteli. MTEC buňce tělu vlastní struktury, tak v něm učitel zapne program buněčné smrti, protože by vlastně bojoval proti svým lidem v ulicích. Když ale učitel vyškolí správně T buňku, která byla na hraně rozpoznání vlastního těla, změní ji na T regulační buňku. Ta funguje jako takový super policajt, který je velmi

důležitý v boji proti autoimunitním onemocněním. Naše studie odhalila, že proces generování T regulačních buněk je do jisté míry regulován přes Toll receptory, které se původně zkoumaly na octomilkách.

### **Co dělají Toll receptory?**

V roce 1997 se zjistilo, že lidský Toll-like receptor 4 je schopný aktivovat náš imunitní systém, jen se nevědělo, jak přesně. O rok později se zjistilo, že se to děje přes bakteriální produkty. Lidé mají celkem deset různých receptorů rodiny Toll, které dokážou vnímat celé panoptikum bakteriální říše. Máme i jiné typy, ale skupina Toll receptorů je vlajková loď našeho imunitního systému na interakci s bakteriemi. Za jejich objev byla v roce 2011 udělena Nobelova cena.

### **A jak důležité je, na které buňce Toll receptor je?**

Když jsou na buňce, která není součástí imunitního systému, fungují jako vysílače. Vysílají signály ve formě látek, chemokinů, které signalizují imunitnímu systému, že nastal problém. Když jsou Toll receptory na buňkách imunitního systému, tak ho aktivují. Teď si představte, že se v těle něco děje, a buňky imunitního systému už prošly školením v brzlíku. Jsou připravené k akci, takže se před ně postaví aktivovaná dendritická buňka, která zahajuje imunitní odpověď, a zeptá se „kdo z vás tu bakterii pozná?“ Vždycky se nějaký T-lymfocyt najde, protože diverzita jejich receptorů je obrovská a do některého z nich ta bakterie zapadne.

### **A jak nám tedy bakterie pomáhají v boji proti autoimunitním chorobám?**

Zjistili jsme, že Toll receptory, které rozeznávají bakterie a jsou na povrchu mTEC buněk, tedy našich učitelů v brzlíku, jsou schopné chemickým signálem přitáhnout jiný typ imunitních buněk, které následně budou regulovat navyšování T-regulačních buněk. Jinými slovy, zdá se, že přítomnost mikrobů nám pomáhá v produkci T-regulačních buněk. A právě ty brání rozvoji autoimunitních chorob. Jak konkrétně se tyto bakteriální signály dostanou do brzlíku ještě nevíme, ale když přerušíme signalizaci receptorů Toll na mTEC buňkách, produkce T-regulačních buněk výrazně poklesne a imunitní systém nedokáže zabránit vzniku autoimunity.

### **Kolik buněk školením projde?**

Ono školící středisko zní velmi pěkně, protože jdete do školy a dostanete jedničku až pětku podle výkonu. Tady jde spíš o jatka. Více než 95 procent T buněk, které tímto „školícím střediskem“ projdou, už v životě nevyjdou ven. Daň za to, že nejste kandidátem s vhodným receptorem, je smrt. Ale smrt uvnitř našeho organismu je absolutně běžnou součástí naší fyziologie. Brzlík je v podstatě hřbitov s miliony a miliony T buněk, které nezvládl projít.

### **A jak probíhá ten „úklid“ mrtvých buněk?**

To se přesně neví jak, ale probíhá tam. Protože když se na brzlík podíváme, měla by tam být kopa mrtvých buněk, ale není. Takže nějak se odstraňují, ale jak přesně, to nevíme jistě. Jenom klasickými makrofágy to nebude, protože mrtvých buněk je strašně moc, takže tam musí být speciální mechanismus. Brzlík je ve všeobecnosti záhadným orgánem a je hodně věcí, které v budoucnu budeme muset ještě objasnit.

### **Dominik Filipp (56)**

Vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Bratislavě. V Laboratoři imunobiologie v Ústavu molekulární genetiky Akademie Věd se zabývá molekulárními a buněčnými mechanismy imunitních odpovědí.

Několik let pracoval v zahraničí ve Francii v Marseille a v kanadském Torontu, nyní přednáší na Přírodovědecké fakultě UK v Praze.

**Kontakt:**

RNDr. Dominik Filipp, CSc.

tel.: 296 443 158, e-mail: [dominik.filipp@img.cas.cz](mailto:dominik.filipp@img.cas.cz),

web: [www.img.cas.cz/vyzkum/dominik-filipp](http://www.img.cas.cz/vyzkum/dominik-filipp)

**Zdroj:**

[https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/rozhovor-imunobiolog-dominik-filipp.A200729\\_095135\\_domaci\\_brzy](https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/rozhovor-imunobiolog-dominik-filipp.A200729_095135_domaci_brzy)