

# INFORMAČNÍ LISTY



**Zápis ze schůze výboru Genetické společnosti Gregora Mendela, z.s.,  
konané dne 5. 5. 2021**

Přítomni: Doškař, Holá, Knoll, Kočová, Mašek, Sember, Slaninová, Šeda, Ševčovičová, Šmarda, Tomáška, Urban, Zelený

Omluveni: Čellárová, Lízal

Schůze výboru probíhala vzhledem k aktuálním opatřením ohledně pandemie COVID-19 on-line formou prostřednictvím platformy MS Teams. Schůzi zahájila doc. Holá a upřesnila postup jednání přítomných členů výboru. Poté předala slovo předsedovi prof. Doškařovi, který poděkoval všem přihlášeným, uvedl stručně důvody utlumené činnosti výboru v uplynulém období a představil plánovaný program schůze:

Program schůze:

1. Kontrola zápisu z minulé schůze výboru
2. Zpráva o hospodaření spolku a aktuálním stavu účtů
3. Plán aktivit GSGM na další období
  - stanovení termínu konání genetické konference GSGM
  - stanovení termínu a tematického zaměření dalšího ročníku EduWorkshopu
  - projednání přípravy voleb do výboru na nové funkční období
4. Projednání náplně příštího čísla Informačních listů
5. Různé

ad 1)

Předseda prof. Doškař zmínil úkoly, které vyplynuly z minulé schůze výboru, z nichž některé nemohly být z důvodů souvisejících s pandemií COVID-19 splněny. Nebylo možné zvýšit informovanost členů spolku o akcích, které by mohly být pro členy spolku zajímavé a přínosné, protože protiepidemická opatření neumožňovala konat podobné akce. Další úkol týkající se průběžné aktualizace webových stránek spolku, zejména data-báze členů, byl splněn pouze částečně. Všichni členové výboru byli v této souvislosti vyzváni, aby prošli seznamy členů a upozornili kolegy prof. Knolla a prof. Urbana, kteří za aktualizaci webu zodpovídají na případy, u nichž objeví nesrovnalosti. V této souvislosti bylo konstatováno, že o aktualizaci svých údajů by měli požádat sami členové a pokud tak učiní, je prováděna průběžně po doručení příslušného požadavku na změnu. Ze zápisu z minulé schůze výboru vyplynul rovněž úkol zvýšit platební morálku a upozornit písemně členy, kteří mají významnější nedoplatky, aby je neprodleně uhradili. Vzhledem ke zpoždění vydání Informačních listů, kde měla být tato výzva publikována, se tento úkol nepodařilo splnit. Členové budou informováni v nově připravovaném vydání IL, v němž bude výzva k zaplacení členských příspěvků za aktuální rok a k uhrazení případných nedoplatek z minulých let. Konkrétní informace o platební morálce podají na požádání hospodáři spolku (prof. Knoll, doc. Slaninová). Vzhledem k tomu, že se prozatím nemohl

konat EduWorkshop ani jiné významnější akce GSGM, na nichž bylo naplánováno slavnostní předání diplomů čestným členům Genetické společnosti prof. RNDr. Stanislavovi Zadražilovi, DrSc., PhDr. Anně Matalové, prof. RNDr. Danielovi Vlčkovi, DrSc. a doc. RNDr. Vladimírovi Ferákovi, CSc., diskutovaly se případné jiné možnosti předání čestných diplomů. Výbor se jednoznačně shodl, že se jedná o tak významnou akci, že by bylo vhodné zachovat původní návrh na osobní předání diplomů všem nominovaným na některé z nejbližších možných plánovaných akcí GSGM, o níž budou výše uvedení čestní členové včas informováni.

Předseda dále připomněl, že na minulé schůzi výboru, které se účastnil dr. Vařejka, proběhla rozsáhlá diskuze týkající se výuky genetiky na středních školách a možností její modernizace a průběžné aktualizace. Bylo konstatováno, že vhodným prvním krokem by mohlo být vytvoření platformy zainteresovaných středoškolských a vysokoškolských pedagogů, kteří by definovali kritické oblasti pro zlepšení středoškolské výuky genetiky a iniciovali vznik odpovídajících materiálů a strategií pro komunikaci jak s učiteli, tak s odpovědnými orgány (MŠMT). Tento ambiciózní úkol zůstává prozatím nesplněný a výbor se bude i nadále zabývat náměty na jeho řešení.

ad 2)

Zpráva o hospodaření spolku bude publikována v příštím čísle IL. Hospodáři (prof. Knoll, doc. Slaninová) stručně informovali členy výboru o stavu účtů (běžné výdaje, příjmy z členských příspěvků) a pošlou zprávy prof. Šmardovi tak, aby mohly být publikovány v připravovaném čísle IL. Dr. Zelený nabídl spolku sponzorský dar s tím, že details projedná s prof. Knollem.

ad 3)

Prof. Doškař představil předpokládaný plán aktivit spolku na další období:

Genetická konference GSGM. Uvedl, že by bylo vhodné posunout termín konference GSGM z původně plánovaného termínu v letošním roce na rok 2022. Přítomní členové výboru se jednomyslně shodli na posunu na příští rok a souhlasili s místem konání v Mikulově na Moravě. Předseda zmínil, že pomoc s organizační přípravou konference a jejím průběhem již v předstihu přislíbilo studentské sdružení Biomania, jehož členové již v minulosti konferenci velmi úspěšně pomáhali organizovat. Dále se diskutoval konkrétní termín konání a zvažovalo se několik možností (přelom srpen/září, začátek září, přelom září/říjen, říjen). V diskuzi na toto téma vystoupila většina zúčastněných členů výboru a posléze se shodli na termínu začátkem října. Konference by byla polytematická, členové výboru z Brna připraví do příští schůze výboru návrh organizačního výboru, promyslí scénář přípravy konference a vše předloží k diskuzi členům výboru na příští schůzi.

Cena GSGM. Organizací soutěže o Cenu GSGM, která je již tradiční součástí konference, byl pověřen dr. Sember, který připraví informaci o vyhlášení soutěže, včetně termínu pro přijímání přihlášek do soutěže. Podklady pro vyhlášení soutěže pošle prof. Šmardovi pro zařazení do připravovaných IL a prof. Knollovi pro publikování na webu spolku (termín do konce května). Dr. Sember navrhl, aby byly přihlášky a veškeré dokumenty k soutěži posílány elektronicky, což následně zjednoduší agendu hodnocení přihlášených prací.

Výbor souhlasil a tato informace bude uvedena v oznámení o vyhlášení soutěže. Doc. Holá navrhla jmenovat komisi pro posuzování přihlášených prací. Po krátké diskuzi (doc. Holá, prof. Doškař, prof. Tomáška) byla navržena a schválena budoucí hodnotící komise, která bude pracovat ve složení doc. Holá, prof. Knoll, doc. Lízal, dr. Sember, prof. Tomáška. Dr. Zelený opět přislíbil sponzorování vítěze této soutěže. Byly diskutovány ještě některé návrhy a upřesnění k vypsání a snazšímu administrování soutěže. Dr. Mašek navrhl zřízení nové e-mailové adresy, která by sloužila pouze pro soutěž. S tímto návrhem dr. Sember a ostatní zúčastnění souhlasili. Na dotaz dr. Sembera, zda by příspěvek do IL psal pouze vítěz soutěže nebo všichni přihlášení, výbor preferuje pouze příspěvek vítěze.

EduWorkshop. Doc. Holá vznesla hned v úvodu diskuze k přípravě tohoto semináře návrh na změnu tématu semináře z původně plánovaného a schváleného výborem před vypuknutím pandemie „Zkušenosti s hodnocením studentů u zkoušek“ na v současné době aktuální téma „Zkušenosti s distanční výukou“. Se změnou tématu výbor souhlasil, původní téma může být posunuté na případné další ročníky tohoto úspěšného cyklu seminářů nebo začleněno do nově navrženého tématu. Dále se v této souvislosti diskutoval termín semináře a možnost, uskutečnit seminář již letos před začátkem nového akademického roku. Proběhla kratší diskuze (doc. Holá, prof. Tomáška, prof. Doškař, dr. Mašek) a zejména s přihlédnutím k případným dalším protiepidemickým opatřením a také k možné výhodě určitého odstupu od právě ukončené distanční výuky, který může být přínosný při porovnání distanční a prezenční výuky na různých vysokých školách se výbor shodl na ponechání tradičního termínu pro konání semináře, tedy v květnu 2022. Prof. Doškař zajistí v dostatečném předstihu rezervaci Mendelova muzea pro konání semináře. Prof. Tomáška s kolektivem připraví návrh programu, o němž budou informovat na příští schůzi výboru.

Volby do výboru GSGM. Prof. Doškař připomněl nutnost včasné přípravy voleb do výboru spolku na další funkční období. Na toto téma proběhla diskuze (prof. Doškař, dr. Kočová, doc. Holá, dr. Mašek), v níž byly zmíněny zkušenosti s organizačním zajištěním voleb v předchozích obdobích a možnosti, které nabízejí současné on-line systémy. Dále byla diskutována možnost posunutí termínu voleb stejně jako termínu konání genetické konference. Vzhledem k tomu, že se všichni zúčastnění členové výboru shodli na posunu termínu voleb, byla diskuze k přípravě voleb ukončena a veškeré organizační záležitosti a forma voleb budou upřesněny na příštím jednání výboru spolku.

ad 4)

Prof. Šmarda informoval, že vznikla prodleva v zasílání textů do Informačních listů, zejména vzhledem k celospolečenské situaci a k nečekaným problémům, které s tím souvisely, a dosud získal pouze několik příspěvků od prof. Tomášky. Prof. Šmarda vyzval všechny členy výboru, aby se zaměřili na přípravu a dodání příspěvků tak, aby mohlo vyjít nové číslo Informačních listů. Termín pro zaslání příspěvků byl stanovený na přelom květen/červen tak, aby mohly být nové IL vytištěny a bezprostředně poté rozeslány všem členům spolku koncem června.

ad 5)

Prof. Urban informoval, že v uplynulém období začal pracovat na aktualizaci nového webu GSGM. Vzhledem k již zmíněným nepředvídaným okolnostem se i tato činnost zpozdila, ale webové stránky budou aktualizovány (termín: do konce tohoto roku). Doc. Holá navrhla, že by bylo žádoucí zvážit změnu správy a fungování spolku s využitím nových systémů, které jsou pro zjednodušení administrace navrženy a využívány. Dr. Kočová v této souvislosti dále rozvedla výhody nových možností administrace spolku (registrace a vedení členské databáze, okamžitá informace o platební morálce členů, aktivity spolku, volby a hlasování, apod.). Výhody těchto systémů jsou nesporné, nicméně prof. Knoll upozornil, že v současné době jsou pro GSGM finančně příliš náročné a prozatím si přechod na tyto systémy z finančních důvodů nemůže spolek dovolit. Do budoucna se budou hledat možnosti, které by využití některého z existujících systémů umožnily.

Po vyčerpání diskuzních příspěvků prof. Doškař schůzi výboru ukončil a oznámil, že příští schůze by se měla konat začátkem prosince tradičně v Brně, pokud to dovolí situace nebo opět on-line formou. Termín a forma schůze budou členům výboru včas oznámeny.

Zapsala: M. Kočová

**VYÚČTOVÁNÍ HOSPODAŘENÍ GSGM OD 1.1.2019 DO 31.12.2020 ZA ČR**

<b>Zůstatek k 31.12.2018</b>		<b>36053,04 Kč</b>
z toho	na účtu KB	35436,04
	v pokladně	617,00

---

<b>Příjmy v letech 2019-20</b>		<b>20750,00 Kč</b>
členské příspěvky (20130 Kč):		
z toho	placené na účet KB	20050,00
	placené hotově	700,00

---

<b>Výdaje v letech 2019-20</b>		<b>22849,00 Kč</b>
poplatky bance za vedení účtu a položky		199,00
drobné občerstvení - schůze výboru		357,00
kancelářské potřeby		188,00
faktura za pronájem místnosti (spolkovny)		9801,00
faktura za tisk IL		12304,00

---

<b>Zůstatek k 31.12.2020</b>		<b>33954,04 Kč</b>
z toho	na účtu KB	33182,04
	v pokladně	772,00

**VYÚČTOVÁNÍ HOSPODAŘENÍ GSGM OD 1.1.2019 DO 31.12.2020 ZA SR**

<b>Zůstatek k 31.12.2018</b>		<b>1069,76 EUR</b>
z toho	na účtu Tatra banky	403,67
	v pokladně	666,09

---

<b>Příjmy v letech 2019-20</b>		<b>234,00 EUR</b>
členské příspěvky		

---

<b>Výdaje v letech 2019-20</b>		<b>184,95 EUR</b>
poplatky bance za vedení účtu		168,75
kancelářské potřeby		16,20

---

<b>Zůstatek k 31.12.2020</b>		<b>1118,81 EUR</b>
z toho	na účtu Tatra banky	458,92
	v pokladně	659,89

Zpracovali: Aleš Knoll (za ČR) a Miroslava Slaninová za (SR)

## Vyhlášení dalšího kola soutěže o Cenu GSGM pro období 2019–2022

Další kolo soutěže vyhláší výbor GSGM na léta 2019–2022. Cena bude udělena na konferenci GSGM, která se bude konat v Brně na podzim 2022.

### Statut Ceny GSGM

1. Cena je vypisována za významný přínos v oblasti genetiky a/nebo molekulární biologie v rámci České nebo Slovenské republiky a je sponzorována firmou M.G.P., s.r.o., Zlín.
2. Cenu ve výši **2000 EUR** může získat osoba ve věku do 35 let (v době uzávěrky soutěže), přičemž podmínkou je afiliace žadatele k některému vědeckému pracovišti v České nebo Slovenské republice. Žadatel NEMUSÍ být členem GSGM. Cena se uděluje za vědeckou práci nebo soubor prací publikovaných (nebo „in press“) v posledních třech letech před podáním přihlášky do soutěžního kola (období 31.3.2019 – 31.3.2022).
3. Přihláška do soutěže se podává na příslušném formuláři, který je předkladatelům k dispozici na internetových stránkách společnosti ([www.gsgm.cz](http://www.gsgm.cz), Přihláška).

Společně s přihláškou musí být předloženy tyto dokumenty:

- a) jednostránková anotace práce
- b) seznam publikací přihlašovaných k ocenění, včetně IF v roce vydání (nebo v roce předchozím, není-li pro daný rok ještě k dispozici), počtu citací (včetně autocitací) podle Web of Science, popisu konkrétního příspěvku předkladatele na publikovaných vědeckých výsledcích a zda byl korespondujícím autorem.
- c) všechny publikace přihlašované k ocenění ve formátu pdf (pakliže jejich velikost přesáhne limit pro odeslání emailem, je nutné tuto skutečnost zmínit v textu emailu a zbylé práce poslat např. v dalším emailu).

Soutěžící se dále zavazuje, že v případě udělení Ceny napíše krátký příspěvek formou literárního přehledu týkajícího se tématu jeho výzkumu (ideálně se zahrnutím popisu vlastních řešených témat) do Informačních listů, které vydává Genetická společnost Gregora Mendela, z.s. (o délce příspěvku a jeho obsahu je možné se dohodnout s hlavním redaktorem IL).

4. Udělení ceny není omezeno žádnými zvláštními kvalifikačními požadavky na předkladatele (kromě požadavků uvedených výše v rámci bodu 2), avšak oceněný autor nemůže být vyhlášen vítězem soutěže opakovaně. Udělení ceny zahrnuje kromě finanční odměny i povinnost autora přednést plenární přednášku na konferenci společnosti, která se bude konat na podzim r. 2022.

O udělení ceny rozhoduje výbor společnosti po zhodnocení přihlášek na návrh odborné posuzovatelské komise, kterou výbor společnosti k tomuto účelu *ad hoc* ustavuje. Výbor

společnosti má právo v daném kole soutěže cenu neudělit nebo ji rozdělit mezi dva vyhodnocené předkladatele.

Přihlášky do soutěže se přijímají elektronicky do 31. března 2022 na adresu **[gsgmcena@gmail.com](mailto:gsgmcena@gmail.com)**. Na tuto adresu směřujte i případné dotazy.

*Výbor GSGM*



## Zemřel profesor MUDr. Jan Šmarda, DrSc.



S hlubokým smutkem oznamujeme, že dne 16. února 2021 zemřel, po kratší vážné nemoci, emeritní profesor Biologického ústavu Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a člen Genetické společnosti Gregora Mendela prof. MUDr. Jan Šmarda, DrSc., ve věku nedožitých 91 let.

Profesor Šmarda se narodil 29. srpna 1930 v Brně, dětství a mládí prožil v Tišnově, kde rodina bydlela až do konce druhé světové války. V roce 1946 se s rodiči přestěhoval do Brna, kde v roce 1949 maturoval na reálném gymnáziu Dr. Zdeňka Nejedlého. Po maturitě byl přijat na Lékařskou fakultu Masarykovy univerzity, kterou vystudoval v roce 1955.

Většinu svého profesního života prof. Šmarda působil na Biologickém ústavu Lékařské fakulty MU, kam poprvé zavítal už jako student 1. ročníku LF MU a kde ho okouzila práce v laboratoři, kam docházel jako dobrovolník a později jako pomocná vědecká síla. Po promoci a základní vojenské službě se na Biologický ústav LF MU vrátil a působil na něm jako asistent, odborný asistent, docent a od roku 1990 jako profesor. V letech 1989 až 1997 byl proděkanem LF MU. Ačkoliv jeho pedagogická činnost byla soustředěna na výuku biologie v rámci LF MU, působil také jako učitel na Filozofické a Přírodovědecké fakultě MU. V letech 1973–1975 pak navíc externě vedl výuku biologie i na LF UK v Plzni.

Profesně profesora Šmardu od studentských let zaujaly bakterie jako prototypy jedné z nejjednodušších forem života. Konkrétně se přitom soustředil na toxické proteiny, bakteriociny, které bakterie produkují a které usmrcují jiné příbuzné bakteriální druhy. V době začátku svého výzkumu byl u samotného zrodu této výzkumné oblasti, která postupně explodovala do mnoha podoborů a která se dnes opět dostává na výsluní vzhledem k tenčícím se zásobám dostupných a účinných antibiotik. O něco později přidal ke svým výzkumným zájmům ještě elektron-mikroskopické studium cyanobakterií, které ho těšily složitou, důmyslnou a přitom esteticky vystavěnou vnitřní strukturou.

Pan profesor byl člověkem mimořádných vnitřních zásad, které tudíž nepodléhaly výkyvům okolní politické a ideologické atmosféry. Odpovědí předlistopadového režimu na tento jednoznačný a vnitřně jednotný postoj bylo dlouhodobé a všestranné omezování ze strany politických výborů a komisí. O to víc jej nadchla změna poměrů po sametové revoluci, která v něm probudila nashromádanou energii a chuť věci zlepšit. V této době se prof. Šmarda s obrovským nasazením snažil o návrat akademické svobody a rovnosti příležitostí na univerzitě, a zejména na MU.

Profesor Šmarda byl mimořádně aktivním popularizátorem vědy, včetně toho, že napsal mnoho článků a knížek s tímto zaměřením. Za všechny uveďme jeho *Život z obou stran* (1992), kde poutavým způsobem zpřístupnil moderní a zajímavé biologické a medicínské

problémy. Zamýšlel se také nad povahou vědeckého výzkumu, kde kromě precizních metod zkoumání biologických objektů uvažoval také o roli náhody, omylu a principiální nepředpověditelnosti vědeckého bádání, tedy konceptu, který je dnes stále aktuální a stále mnohdy nepochopený.

Všichni, kteří jsme pana profesora Šmardu blíže znali, jsme si jej vážili nejen jako nesmírně pracovitého a pečlivého odborníka, ale také jako vzácného, a přitom skromného člověka pevných zásad. Bude nejen nám, kteří jsme s ním spolupracovali, ale i celému oboru chybět.

prof. MUDr. David Šmajš, Ph.D.  
Biologický ústav LF MU



## Posledný človek, ktorý vedel všetko (?)

### Lubomír Tomáška

Katedra genetiky, Prírodovedecká fakulta, Univerzity Komenského, Mlynská Dolina,  
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava

Nie je prekvapivé, že autor tvrdenia, ktoré bolo úvodom jeho vlastného nekrológu, znejúceho na vlnách BBC niekoľko týždňov po jeho smrti (1. december 1964), bol svojho času vlastníkom auta s poznávacou značkou EGO 848. Táto antitéza skromnosti však nebola postavená na vode. John Burdon Sanderson (Jack) Haldane bol vskutku výraznou osobnosťou 20. storočia, napriek tomu, že jeho meno zďaleka nie je tak všeobecne známe ako Einstein, Watson, či Crick. Kniha Samantha Subramaniana *A Dominant Character* je skvelým životopisom rozporuplného človeka, ktorý bol podľa jeho súčasníkov „posledným, ktorý vedel všetko, čo sa vedieť dalo“ a príbehom s mnohými poučeniami, z ktorých to podstatné si ušetším na koniec tohto textu.

Jack Haldane začal svoju „vedeckú“ kariéru ako 13-ročný, keď ho jeho otec, významný fyziológ John Scott Haldane použil ako pokusný subjekt pri empirickom určovaní rýchlosti, s akou je potrebné sa vynárať z hĺbok bez rizika dekompresnej choroby. Otec Haldane svojho syna naučil, že najlepším experimentálnym subjektom je samotný experimentátor, v duchu Goetheho postulátu že ľudské telo je „*genaueste physikalische Apparat, den es geben kann*“ (najpresnejší fyzikálny prístroj, aký existuje). To ho počas celej kariéry vystavovalo život ohrozujúcim situáciám, ako keď sa pri testovaní otcovho dekompresného modelu v auguste 1906 takmer utopil. Alebo v chodbách baní v Staffordshire, kde ho otec nútil recitovať postojacky pohrebnú reč Marka Antonia z Shakespearovej Tragédie Júlia Césara, aby zistil, koľko vydrží pri vedomí v atmosfére plnej metánu, a dostal ho tak na pokraj udusenia. V duchu nápisu v rodinnom erbe zavesenom nad vchodom do Haldanovho domu: *Suffer* (Trp!), Jack podstupoval často trýznivé samotestovanie počas celej svojej kariéry. Výsledkom často neboli len akademicky zaujímavé zistenia, ale poznatky, ktoré zachránili veľa ľudských životov. Inhaláciou chemických látok testoval účinnosť plynových masiek v prvej svetovej vojne a nadmerným požívaním kyselín, či zásad hľadal jednoduchý spôsob zabránenia koma-tózných stavov vojakov s postraumatickou acidózou krvi, či liečby detí s tetanickými záchvatmi v dôsledku narušenia acido-bázickej rovnováhy.

Paralelne s empirickým poznávaním sveta, ku ktorému ho viedol otec, Haldane od útleho veku nasával vedomosti z kníh. Čítať ho rodičia naučili ešte pred nástupom do školy, do veľkej miery v defenzíve pred nástojčivými otázkami malého Jacka. Sebavedomie získané samoštúdiom mu skomplikovalo pôsobenie na Eton College, kde bol vystavovaný šikanovaniu starších spolužiakov i ješitnosti učiteľov. Skúsenosť zo strednej školy viedla k jeho celoživotnému opovrhovaniu britským vzdelávacím systémom, v ktorom „sú študenti kŕmení faktami vyformovaných kostrami mŕtvych teórií“ (nedajme sa pomýliť, písal o britskom školstve pred vyše 100 rokmi). Každopádne, po absolvovaní štú-

dia matematiky a antiky na Oxforde mohla začať vedecká kariéra jedného z najdôležitejších prírodovedcov 20. storočia (hoci, ako sám zdôrazňoval, bez formálneho prírodovedného vzdelania).

Už štart tejto kariéry bol veľmi sľubný. Ešte ako stredoškólak sa stal spoluautorom vedeckej publikácie, v ktorej matematickou analýzou pomohol otcovi interpretovať výsledky experimentov popisujúcich afinitu hemoglobínu ku kyslíku a oxidu uhličitému. Následne so sestrou Naomi a priateľom Jonathanom Spruntom publikoval prvý dôkaz o väzbe génov u cicavcov, ktorý podporil univerzálnu platnosť tzv. chromozómovej teórie dedičnosti, za ktorú Thomas H. Morgan v roku 1933 získal Nobelovu cenu. Práca však vyšla už v čase, keď Jack narukoval do britskej armády a nasledujúce roky strávil na frontoch prvej svetovej vojny. Tam si získal rešpekt svojou odvahou v zákopoch, ale aj zostrojením prototypu plynovej masky na ochranu voči účinkom chlóru použitého Nemcami ako prvej masovej chemickej zbrane. (Rovnako aktívne sa angažoval aj počas španielskej občianskej i druhej svetovej vojny, keď už bol v šiestej dekáde svojho života.)

Po návrate do civilu začalo vedecky najproduktívnejšie obdobie Haldaneovho života. Napríklad, spolu s Georgeom Briggsom prispel k formálnemu popisu enzýmovej kinetiky. Popísal fyzikálne a chemické podmienky vzniku života a s Alexandrom Oparinom tak dali teoretický základ pre experimentálne testovanie princípov chemickej evolúcie. S Ronaldom Fisherom a Sewallom Wrightom sa podieľal na tzv. evolučnej syntéze, ktorá prostredníctvom matematickej analýzy spojila genetiku s Darwinovou evolučnou teóriou. Stál pri zrode konceptu, že gény kontrolujú syntézu proteínov. Ešte predtým, ako bola potvrdená úloha DNA v dedičnosti veľmi presne odhadol rýchlosť, s akou mutujú ľudské gény. Na príklade kosáčikovitej anémie ukázal, že varianty génov, ktoré spôsobujú ochorenia môžu za istých okolností byť pre ich nositeľa výhodné (napríklad môžu zvyšovať odolnosť voči infekčným ochoreniam ako je malária). Vysvetlil, ako veľkosť tela živočíchov ovplyvňuje jeho anatómiu. V roku 1941, dávno pred objavením štruktúry DNA navrhol pokus, ktorý by testoval spôsob, ako je kopírovaný genetický materiál (tzv. experiment Meselsona-Stahla z roku 1958, je považovaný za jeden z najkrajších biologických pokusov 20. storočia). Už v roku 1933 predpovedal, že naše telo je schopné rozpoznať vlastné bunky od cudzích prostredníctvom antigénov, ktoré sa nachádzajú na bunkovom povrchu. A tak ďalej. Tento (neúplný) zoznam Haldaneových príspevkov do učebníc modernej biológie je nepochybne ohromujúci.

Pri ňom to však nekončí. Už v 20. rokoch sa Haldane stal významným komunikátorom vedy smerom k verejnosti. Upozorňoval nielen na nehumánnosť, ale aj na iracionalitu tzv. negatívnej eugeniky, ktorá mala za cieľ elimináciu "nekvalitných génov" prostredníctvom zabraňovania rozmnožovaniu vybraných skupín obyvateľstva od izolácie, cez sterilizáciu až po fyzickú likvidáciu. Bohužiaľ, jeho argumenty podložené matematickou analýzou, nepresvedčili ani mnohých biológov, čoho výsledkom boli desaťtisíce násilných sterilizácií v krajinách ako Veľká Británia a Spojené štáty a vyvrcholením vyvražďovanie vybraných skupín obyvateľstva počas druhej svetovej vojny.

Verejne známou osobou sa Haldane stal v roku 1924, keď publikoval vedeckopopulárnu knihu *Daedalus*. Kniha, ktorej sa v roku jej vydania predalo 15000 kópií, je predpoveďou vplyvu vedeckých objavov na ľudstvo v 20. storočí. Hoci pero dal do ruky fiktívnemu „relatívne hlúpemu študentovi“, mnohé predikcie sú vskutku veštické: od nutnosti prechodu od fosílnych palív k alternatívnym zdrojom energie po predikciu „ektogenézy“, asistovaného mimotelového oplodnenia, ktoré o 50 rokov neskôr umožnilo

mať dieťa mnohým rodičom, hoci už vtedy otvorilo kontroverzné diskusie (Haldaneov súčasník a priateľ Aldous Huxley koncept ektogenézy využil vo svojom dystopickom *Prekrásnom novom svete*).

*Daedalus* bol ouvertúrou pre niekoľko stoviek Haldaneových popularizačných článkov, rozhlasových vystúpení a verejných prednášok, na ktorých sa zhromažďovali tisícky ľudí. Jeho charizma vyplývala nielen zo spôsobu, akým dokázal komunikovať s čitateľmi a publikom, či jeho majestátnej postavy, ale aj z jeho bezprecedentných vedomostí, selekcie dôležitých tém a ich originálneho spracovania. Pravidlá pre popularizáciu vedy dokonca zhrnul v eseji *Ako napísať vedecko-populárny článok*, ktorú si stojí za to prečítať i dnes. Už len triviálny imperatív „O danom probléme by ste mali vedieť oveľa viac, ako o ňom napíšete/poviete“ by mnohým dnešným popularizátorom, ktorí sa stávajú expertami po prečítaní príslušného hesla vo Wikipédii, pomohol vyvarovať sa povrchným, neinformatívnym, či scestným vyjadreniam, keď by bolo vhodnejšie využiť právo mlčať.

Hoci boli mnohé Haldaneove predpovede správne, často sa aj mýlil. A to nielen vo svojich vedeckých prácach. Napríklad, chemické zbrane považoval za humánnejšie ako tie konvenčné a podporoval to napríklad štatistikou, že zatiaľ čo šrapnel zabije jedného z troch zasiahnutých vojakov, yperit je takmer 10-krát menej účinný a okrem toho sa proti nemu (či iným chemickým látkam) dá chrániť. Opomenul pritom spomenúť, že yperit u prežívších zanecháva trvalé následky na pľúcach i očiach a okrem toho je silným mutagénom a karcinogénom. Napriek svojmu egu však Haldane vo väčšine prípadov, akceptujúc silu vedeckých dôkazov, dokázal prijať protiargumenty a svoje názory korigovať.

S jednou výnimkou, ktorá je zároveň tým v úvode sľubovaným poučením Haldaneovho príbehu. Napriek svojmu aristokratickému pôvodu Haldane inklinoval k socialistom. Dôvodom môžu byť zážitky z ranného detstva, keď účasť na otcových experimentoch v britských baniach mladému Jackovi odhalila otrasné životné podmienky robotníkov. Alebo roky strávené na frontoch prvej svetovej vojny, kde bol priamym pozorovateľom masového zabíjania spôsobeného záujmami bohatých a mocných. Jeho ľavicová orientácia sa po vzniku Sovietskeho zväzu ešte zvýraznila a jeho komunistické presvedčenie sa utvrdilo počas niekoľkotýždňovej návštevy v roku 1928, na ktorej ho sprevádzal vynikajúci genetik Nikolaj Vavilov. Otravné podmienky, hlad, potláčanie slobody, nič z toho Haldanea nevyrušovalo. Považoval to za nevyhnutný prechodný stav vedúci k spravodlivej spoločnosti, ktorá bude spravovaná vedeckými, rozumej marxistickými, metódami.

Haldaneov marxizmus sám osebe nebol ničím výnimočným. Zoznam západoeurópskych intelektuálov, včítane významných britských prírodovedcov, ktorých si podmanila idea vedeckého materializmu, je rozsiahly. Jeho účasťou sú matematik Hyman Levy, zoológ Lancelot Hogben, biochemik Joseph Needham, alebo kryštalograf John Bernal. Vytvorili neformálny spolok *Visible College* a podľa historika Neala Wooda sa podieľali na tom, že idea vedeckého plánovania spoločnosti sa v 30. rokoch v britských vedeckých kruhoch stala dominantným názorom.

Čo je ťažko pochopiteľné je Haldaneova reakcia na udalosti, ktoré sa odohrali v Sovietskom zväze po jeho exkurzii. Vyvražďovanie obyvateľstva všeobecne a inteligencie zvlášť viedlo k tomu, že Vavilov v roku 1943 zomrel vo väzení, kde si „odpykával“ 20 ročný trest za špionáž a šírenie buržoáznej pseudovedy. Hlavným strojcom Vavilovovej smrti a likvidácie sovietskej genetiky bol nedovzdelaný šarlatán Trofim Lysenko, ktorý Stalina presvedčil, že vyrieši potravinový problém metódami, ktoré boli v úplnom rozpore

s vtedajšími poznatkami biológie. Lysenkove bludy (v našich končinách až príliš dobre známe) sa nikdy nepotvrdili, zato jeho oponenti boli buď fyzicky odstránení alebo motivovaní konvertovať na jeho podporovateľov, ktorí si uvedomili svoj „omyl“ a za svoju kritiku sa verejne ospravedlnili (však to poznáme; pozri tiež Ladislav Kováč, *Prírodopis komunizmu*, Kaligram 2007).

V čase, keď vrcholil povojnový hladomor v Sovietskom zväze, bola na konferencii Všeľvázovej akadémie poľnohospodárskych vied V.I. Lenina vyhlásená vojna „mendelizmu“, „morganizmu“ a „weissmanizmu“, inými slovami vtedy modernej genetiky. Viacerí významní britskí prírodovedci boli požiadaní, aby sa k tomuto útoku verejne vyjadrili. Haldane ako jediný z nich jednoznačne neodsúdil stalinistický teror a k Lysenkovi sa postavil veľmi šalamúnsky, že „možno sa so všetkým nedá jednoznačne súhlasiť, ale nie všetko treba odmietat“. Takto sa vyjadril človek, pre ktorého bola empirická metóda a kritické myslenie imperatívom; ktorý bol jedným z najvzdelanejších ľudí minulého storočia; ktorý sa zaslúžil o formuláciu biologických princípov, lysenkizmom odmietaných ako buržoázna pseudoveda; ktorého priateľ Vavilov bol režimom zavraždený; a ktorý celoživotným experimentovaním s vlastným telom zachránil ohromné množstvo životov v duchu humanizmu, ktorý bol protikladom agresívnej komunistickej ideológie.

Ľavicový radikalizmus ku koncu života u Haldanea postupne slabol, ale jeho rezistencia k britskému establišmentu pretrvala. Aj preto posledných osem rokov života strávil v Indii, kde sa venoval jednoduchým experimentom a písaniu esejí, medzi nimi aj nekrológu s úvodnou egocentrickou vetou. Jeho nadštandardné sebavedomie bolo do istej miery opodstatnené jeho nespochybniteľnými príspevkami k rozvoju biológie 20. storočia. Na druhej strane, tvrdenie, že to bol „posledný človek, ktorý vedel všetko“ je celkom iste prehnané. Už len preto, že sám by nevedel objektívne vysvetliť rozpor, ktorý definuje jeho pestrý a bohatý život a ktorý je možno jednou z príčin, že jeho meno sa vytratilo zo všeobecného povedomia. Hoci vysvetlenie paradoxu Haldaneovho príbehu môže byť predmetom diskusií psychológov, kognitívnych vedcov, či sociológov, pre nás ostatných je poučením, že vzdelanie a inteligencia nás nie vždy ochránia pred ideologickými pascami cielenými na naše emócie. V duchu metafory psychológa Jonathana Haidta (*Hypotéza šťastia*) o jazdcovi a slonovi, naša racionalita (jazdec) nie vždy dokáže úspešne navigovať emócie (slona) a tak sa môžeme dopracovať k iracionálnym rozhodnutiam a názorom. Je veľmi ťažké, často nemožné, s týmto dvojvládím bojovať. Je však užitočné si uvedomiť jeho existenciu. Aj keď nás to neprinúti zmeniť vlastný názor, môže nám to pomôcť pochopiť názory a konanie našich oponentov.

## Literatura

Samanth Subramanian. *A Dominant Character. The Radical Science and Restless Politics of J.B.S. Haldane*. Atlantic Books, Londýn, 2020  
<https://atlantic-books.co.uk/book/a-dominant-character/>



**Prof. RNDr. Ľubomír Tomáška, DrSc.** (e-mail: [lubomir.tomaska@uniba.sk](mailto:lubomir.tomaska@uniba.sk)) je vedúcim Katedry genetiky Prírodovedecké fakulty UK v Bratislave (<http://fns.uniba.sk/kge/>). Zabýva sa molekulárnou genetikou kvasiniek. Spolu s prof. Jozefom Nosekom vedie spoločné laboratórium katedier biochémie a genetiky PriF UK (<http://www.biocenter.sk/welcome1.html>).

**Cenu dr. Ludmily Sedlárovej-Rabanovej v roku 2020 získal Imrich Barák  
z Ústavu molekulárnej biológie SAV**

**Lubomír Tomáška**

Katedra genetiky, Prírodovedecká fakulta, Univerzity Komenského, Mlynská Dolina,  
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava

Jubilejný 5. ročník súťaže o Cenu a Štipendium dr. Ludmily Sedlárovej-Rabanovej (ďalej LSR) (<http://www.natura.cz/LSR.html>), v ktorom bolo vďaka finančnej podpore Ing. Viliama Sedlára rozdelených spolu 5000 EUR, bol doteraz najbohatší na žiadosti o štipendiá i nominácie na Cenu LSR. V kategórii štipendií mohli mladí uchádzači do 35 rokov prvý krát žiadať nielen o podporu zahraničného študijného pobytu, ale aj finančnú pomoc pre krytie nákladov spojených s účasťou na zahraničnej konferencii. Komisia sa rozhodla podporiť žiadosť dr. Stanislava Kyzeka z Katedry genetiky PriF UK (účasť na konferencii EUROTOX Congress 2021 v Kodani, Mgr. Alexandry Pitelovej z Centra biovied SAV (študijný pobyt na Katedre bunkovej biológie Univerzity Karlovej a Mgr. Lucie Mihalovičovej z Ústavu molekulárnej biomedicíny LF UK (študijný pobyt na INSERM, Montpellier).

Z takmer desiatky nominácií (nominované práce sú v zozname literatúry), ktoré boli poslané do súťaže za laureáta Ceny za rok 2020 bol vybraný RNDr. Imricha Barák, DrSc. z Ústavu molekulárnej biológie SAV za prácu uverejnenú v *Nature Communications*, na ktorej bol laureát korešpondujúcim autorom. Práca medzinárodného kolektívu autorov (Pospíšil a kol., 2020), na vedení ktorého sa laureát podieľal, vniesla nový pohľad na úlohu tzv. bakteriálnych nanotrubic (angl. *nanotubes*). Autori ukázali, že tieto štruktúry predstavujú fenomén *post mortem* a na rozdiel od interpretácií publikovaných v predchádzajúcich štúdiách nezohrávajú významnú úlohu v medzibunkovej komunikácii. Význam práce je podčiarknutý aj kvalitou časopisu, ktorý patrí do databázy *Nature Index*.

Okrem hlavnej Ceny sa komisia rozhodla využiť možnosť udeliť aj Špeciálnu cenu pre mladého vedeckého pracovníka, ktorú získala dr. Ivana Kajanová z Biomedicínskeho centra SAV za prvoautorskú publikáciu uverejnenú v *British Journal of Cancer*, v ktorej spolu so svojimi spoluautormi ukázala, že bunkovo-viazaná karbonická anhydráza CAIX podporuje prometastatický fenotyp nádorových buniek a uvoľňovanie jej ektodomény do extracelulárneho prostredia predstavuje negatívny kontrolný mechanizmus (Kajanová a kol., 2020).

Nominované i ocenené práce ilustrujú, že kvalitný výskum sa dá robiť aj na slovenských inštitúciách a aj v tak zložitom období, ako je prebiehajúca pandémia u nás vznikajú veľmi cenné publikácie.

### Ocenené práce:

- Pospíšil, J., Vitovská, D., Kofroiová, O., Muchová, K., Sanderová, H., Hubálek, M., Šiková, M., Modrák, M., Benada, O.\*, **Barák, I.\***, Krásný, L.\*. (2020) Bacterial nanotubes as a manifestation of cell death. *Nature Communications* 11(1):4963.; \* korešpondující autori
- Kajanová, I.**, Zatovičová, M., Jelenská, L., Sedláková, O., Baráthová, M., Csaderová, L., Debreová, M., Lukáčiková, L., Grossmannová, K., Labudová, M., Goliaš, T., Švastová, E., Ludwig, A., Muller, P., Vojtešek, B., Pastorek, J., Pastoreková, S. (2020). Impairment of carbonic anhydrase IX ectodomain cleavage reinforces tumorigenic and metastatic phenotype of cancer cell. *British Journal of Cancer* 122: 1590-1603.

### Ďalšie nominované práce (tučným písmom sú zvýraznení nominovaní autori):

- Fričová, D.**, Korchak, J.A., Zubair, A.C. (2020). Challenges and translational considerations of mesenchymal stem/stromal cell therapy for Parkinson's disease. *Npj Regenerative Medicine* 5:20
- Chovancová, B.**, Líšková, V., Miklíková, S., Hudecová, S., Babula, P., Penešová, A., Ševčíková, A., Ďuríníková, E., Nováková, M., Matušková, M., Križanová, O. (2020). Calcium signaling affects migration and proliferation differently in individual cancer cells due to nifedipine treatment. *Biochemical Pharmacology* 171: 113695.
- Medvecká, V.**, Mošovská, S., Mikulajová, A., Valík, L., Zahoranová, A. (2020). Cold atmospheric pressure plasma decontamination of all spice berries and effect on qualitative characteristics. *Eur. Food Res. Technol.* 246: 2215–2223.
- Pös, Z.**, Pös, O., Styk, J., Mocová, A., Striešková, L., Budiš, J., Kadasi, L., Radvanszký, J., Szemes, T. (2020). Technical and methodological aspects of cell-free nucleic acids analyses. *Int. J. Mol. Sci.* 21: 8634.
- Schmidtová, S.**, Dorssers, L.C.J., Kalavská, K., Gillis, A.J.M., Oosterhuis, J.W., Stoop, H., Miklíková, S., Kozovská, Z., Buríková, M., Gerčáková, K., Ďuríníková, E., Chovanec, M., Mego, M., Kučerová, L., Looijenga, L.H.J. (2020). Napabucasin overcomes cisplatin resistance in ovarian germ cell tumor-derived cell line by inhibiting cancer stemness. *Cancer Cell Int.* 20:364.
- Strnadel,\*, J., **Zahumenská\***, R., Nosal, V., Smolar, M., Marcinek, J., Kalman, M., Juhas, S., Juhasova, J., Studenovska, H., Dumortier, H., Chromec, T., Skovierova, H., Mitruskova, B., Kapralik, I., Mersakova, S., Brany, D., Halasova, E. [\*-první autori] (2020). Generation of ORIONi001-A induced pluripotent stem cell line for *in vitro* modeling of sporadic form of amyotrophic lateral sclerosis. *Stem Cell Res.* 48: 101981.



## Bakteriálne bunky pod stresom vystreľujú dlhé nanotrubice a zomierajú

**Imrich Barák**

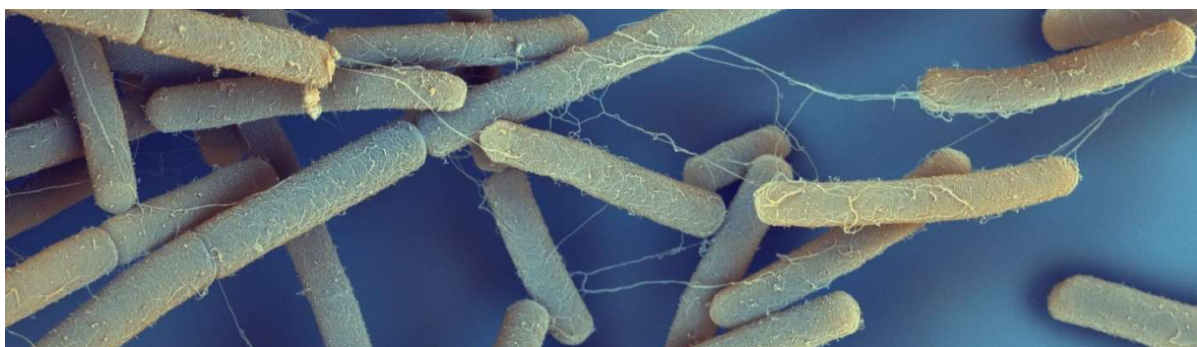
Oddelenie mikrobiálnej genetiky, Ústav molekulárnej biológie, SAV, Dúbravská cesta 21,  
845 51 Bratislava

Baktérie sú jednou z najdominantnejších foriem života na Zemi a využívajú širokú škálu stratégií na využitie ich životného prostredia. Jedna z týchto stratégií môže zahŕňať formovanie tubulárnych membránových štruktúr. Tieto štruktúry sa nazývajú nanotrubice v *Bacillus subtilis* a *Escherichia coli* (Dubey a Ben-Yehuda, 2011; Pande a kol. 2015), nano-drôty v *Shewanella oneidensis* (Barchinger a kol., 2016), nanopody v *Delftia* sp. Cs1-4 a v hypertermofilnej archea rodu *Thermococcus* (Marguet a kol., 2013; Shetty a kol., 2014) alebo trubice vonkajšej membrány v *Myxococcus xanthus* (Wei a kol., 2014). Tieto štruktúry sa skladajú z cytoplazmatických alebo vonkajších membrán, v závislosti od druhu baktérie, a môžu mať v týchto mikroorganizmoch rôzne funkcie. Naša štúdia (Pospíšil a kol. 2020), ktorá vyšla nedávno v časopise *Nature Communications*, vznikla v spolupráci českých a slovenských vedcov. Tieto unikátne výsledky vznikli v spolupráci laboratória Libora Krásneho z Mikrobiologického ústavu, Akadémie vied, ČR a laboratória Imricha Baráka z Ústavu molekulárnej biológie, SAV. Článok je o bakteriálnych nanotrubiciach, ktoré boli objavené už pred 10 rokmi u Gram-pozitívnej baktérie *Bacillus subtilis* (Dubey a Ben-Yehuda, 2011). Tieto útvary boli charakterizované ako lipidické trubičky vychádzajúce z bakteriálnych buniek do priestoru, s dĺžkou niekedy aj 50 krát väčšou ako dĺžka samotnej bunky baktérie. Priemer nanotrubíc je približne 70 nm. Tieto dlhé a úzke trubičky boli popísané ako spôsob, ktorým bakteriálna bunka skúma svoje okolie ale aj spôsob ako sa môžu spojiť s inou bunkou buď toho istého druhu alebo aj s úplne odlišnou, dokonca aj využiť ich na spojenie s eukaryotickou bunkou. K unikátnym schopnostiam týchto nanotrubíc boli pripísané také procesy ako prenos DNA, RNA a bielkovín medzi bunkami rôznych baktérií ako aj „upírske“ vysatie živín z ľudských buniek (Baidya a kol., 2018; Dubey a Ben-Yehuda, 2011; Pande a kol., 2015; Pal a kol., 2019; Stempler a kol., 2017). Prenos DNA cez tieto nanotrubice bol určený aj ako ďalší spôsob šírenia antibiotických rezistencií medzi rôznymi druhmi baktérií. Problémom pri skúmaní týchto nanotrubíc v živých bunkách bolo, že tieto útvary sa vyskytovali v malom množstve. Naše výsledky sú vo veľkom protiklade s predtým publikovanými zisteniami a to spôsobilo, že príbeh o bakteriálnych nanotrubiciach dostáva úplne nový obrat.

Počas mnohých a rôznych experimentoch sme dokázali nájsť nanotrubice len vo veľmi ojedinelých prípadoch, ale čakalo nás iné prekvapenie. Keď sme sledovali bunky na agare tak sme dokázali zachytiť asi tak jednu NT z tisícoch buniek. Začali sme aj sledovanie v roztoku a ak sme pritlačili krycie sklíčko tak vybehli nanotrubice z mnohých buniek. Čím väčšou váhou sme pôsobili tým viacej nanotrubíc vznikalo a mnohé mimoriadne dlhé, rádovo dlhšie ako samotné bunky. Tiež sme si všimli, že bunky strácajú kontrast a stávajú sa priesvitnými vo fázovom kontraste čo svedčí o tom, že zomierajú a vznikajú tzv. ghost cell - duchovia. Poloha z ktorej vystreľovali nanotrubice z tyčinkovej *B.*

Informační listy GSGM, 2021, 55: 16 – 19

*subtilis* neboli náhodné. Väčšina nanotrubic vybiehalo z bunkových pólov respektíve z oblastí v strede bunky kde bola deliaca prepážka. Pozorovali sme, že vznik nanotrubic je závislý aj od životného cyklu v ktorej sa bunka *B. subtilis* nachádza. V deliacich bunkách počas exponenciálneho rastu pod uvedeným stresom, pod tlakom, vznikajú nanotrubice v princípe zo všetkých buniek. Naproti tomu tieto nanotrubice sme nepozorovali v bunkách počas stacionárneho rastu alebo počas sporulácie. Neprítomnosť nanotrubic v bunkách stacionárnej fázy a počas sporulácie môže byť spôsobená hrubšou a usporiadanejšou bunkovou stenou nedeliacich sa buniek, čo predstavuje silnejšiu bariéru proti vystreleniu lipidických nanotrubic.



Obr. 1. Snímka zo skenovacej elektrónovej mikroskopie buniek *Bacillus subtilis*, ktoré sú akoby poprepávané nanotrubicami (O. Benada, Mikrobiologický ústav, Akadémie vied, ČR).

Ukázali sme, že tieto nanotrubice v princípe vznikajú z každej bunky keď použijeme rôzne stresové faktory ako tlak alebo ich vystavíme pôsobeniu rôznych antibiotík. Bakteriálna bunková stena dokáže vo vnútri bunky udržať tlak až dvadsiatich atmosfér. Pokiaľ ale dôjde k narušeniu steny, buď mechanicky alebo pôsobením antibiotík, ďalšie udržanie tak veľkého tlaku nie je možné. Tento tlak následne zapríčini doslova "vystrelenie" cytoplazmatickej membrány vo forme nanotrubice do vonkajšieho prostredia cez vzniknuté otvory v bunkovej stene. Dôležitým zistením bolo, že práve v tom okamihu, ako bunka vystrelí nanotrubicu, bunka zomiera. To znamená, že tvorba nanotrubic nie je riadený biologický proces ako bol popísaný predtým. Priložené videá v článku ukazujú unikátne zábery z fluorescenčného mikroskopu kde jasne vidieť vystreľujúce trubičky z buniek *Bacillus subtilis* a kde tiež vidieť, že v priebehu pár sekúnd bunka zomiera. Smrť bunky je viditeľná, keď farbička, špecifická pre sledovanie bunkovej smrti, v priebehu niekoľkých sekúnd vniká do bunky. Tiež sme určili ktoré gény sú potrebné na tvorbu nanotrubic. Použili sme niekoľko kmeňov s deléciami jedného alebo viacerých sigma faktorov. Bakteriálne sigma faktory sú podjednotky RNA polymerázy a sú zodpovedné za transkripciu DNA do RNA a poskytujú holoenzýmu afinitu k špecifickým DNA sekvenciám promotora. Týmto prístupom sme chceli identifikovať regulón, ktorý obsahuje gény potrebné na tvorbu nanotrubic. Spolu sme testovali delécie 10 alternatívnych sigma faktorov z 19 prítomných v *B. subtilis*. Z 10 testovaných sigma faktorov iba SigD bol potrebný na tvorbu nanotrubic.

Toto zistenie ako aj ďalšie opísané výsledky z našej štúdie ukazujú, že nanotrubice baktéria s veľkou pravdepodobnosťou nevyužíva na výmenu rôznych biologických látok, ale že je len „post mortem“ prejavom stresovanej a umierajúcej bunky. Dôležité je tiež, že

tieto nanotrubice v uvedenej štúdií boli sledované v celom spektre rôznych baktérií (ako napr. v *Bacillus megaterium*, *Deinococcus radiodurans*, *Escherichia coli* a ďalšie) a tak majú tieto zistenia široký dopad na celý odbor mikrobiológie. Tieto zistenia sú prelomové hlavne z pohľadu, že sa nemusíme báť bakteriálnych nanotrubíc, ktoré doteraz boli považované aj ako spôsob ktorým sa môžu prenášať antibiotické rezistencie medzi rôznymi baktériami alebo sa obávať baktérií ako zlodejov živín z našich buniek. Výsledky tejto štúdie môžu byť využité v boji proti bakteriálnej odolnosti voči antibiotikám. V neposlednom rade, vznik nanotrubíc počas bunkovej smrti je objavom, ktorý významne posúva naše vedomosti o bakteriálnej fyziológii a komunikácii.

Bakteriálne nanotrubice boli považované za najväčší objav posledného desaťročia v mikrobiológii. Rôzne úlohy nanotrubíc sa začali udomácnovať a mohli by sa už označovať aj ako vedomosti z učebníc. Naše výsledky naznačujú, že sú koncom veľkého objavu z pred desiatich rokov. Toto ukazuje, že veda je úžasná aj v tom, že sa dokáže sama opraviť. Niekedy veda môže nabehnúť na vedľajšiu koľaj, ako v prípade rôznych biologických úloh uvedených bakteriálnych nanotrubíc, ale vždy budú existovať vedci, ktorí budú pochybovať trochu viacej a budú sa snažiť ísť ďalej a zistia nezrovnalosti, ktoré môžu viesť k lepšiemu vysvetleniu pozorovaných javov.

Na jednej strane sa môže zdať, že naše výsledky sú začiatkom konca veľkého príbehu o „zázračných“ vlastnostiach nanotrubíc. Na druhej strane, mnohé podobné útvary v baktériách môžu mať reálnu funkciu napr. extrabunkové vezikuly, alebo tzv. nanodróty, ktoré slúžia na diaľkový extracelulárny transport elektrónov. Toto si určite bude vyžadovať ďalší výskum. O to zaujímavejšie sa zdajú nanotrubice aj vo vyšších organizmoch, ktoré hrajú významnú úlohu napríklad v invázii rakoviny alebo zohrávajú významnú úlohu v imunitnom systéme. Tiež bolo ukázané, že lipidické nanotrubice majú veľa podobných vlastností ako nervové synapsy a sú dokonca považované za útvary, ktoré sú evolučnými predchodcami nervového systému (Nussenzveig, 2019).

## Podakovanie

Ďakujem nadácii Natura za udelenie ceny Dr. Ludmily Sedlárovej-Rabanovej v roku 2020. Chcel by som sa poďakovať svojim spolupracovníkom z Ústavu molekulárnej biológie SAV, hlavne Dr. Kataríne Muchovej a tiež našim spolupracovníkom zo skupiny Dr. L. Krásneho a Dr. O. Benady z Mikrobiologického ústavu Akadémie vied, ČR. Mimoriadna vďaka patrí jednému nadšenému vedcovi, Ph.D. študentovi Jirkovi Pospíšilovi.

## Literatúra:

- Baidya, A. K., Bhattacharya, S., Dubey, G. P., Mamou, G. a Ben-Yehuda, S. (2018) Bacterial nanotubes: a conduit for intercellular molecular trade. *Curr. Opin. Microbiol.* 42, 1–6.
- Barchinger, S. E. a kol. (2016) Regulation of gene expression in *Shewanella oneidensis* MR-1 during electron acceptor limitation and bacterial nanowire formation. *Appl. Environ. Microbiol.* 82, 5428–5443.
- Dubey, G. P. a Ben-Yehuda, S. (2011) Intercellular nanotubes mediate bacterial communication. *Cell* 144, 590–600.
- Marguet, E. a kol. (2013) Membrane vesicles, nanopods and/or nanotubes produced by hyperthermophilic archaea of the genus *Thermococcus*. *Biochem. Soc. Trans.* 41, 436–442.

- Nussenzveig, H.M. (2019) Are cell membrane nanotubes the ancestors of the nervous system? *Eur. Bioph. J.* 48, 593–598
- Pande, S. a kol. (2015) Metabolic cross-feeding via intercellular nanotubes among bacteria. *Nat. Commun.* 6, 6238.
- Pal, R. R. a kol. (2019) Pathogenic *E. coli* extracts nutrients from infected host cells utilizing injectisome components. *Cell* 177, 683–696 e618.
- Pospíšil J., Vítovská D., Kofroňová O., Muchová K., Šanderová H., Hubálek M., Šiková M., Benada O., Barák I., Krásný L. (2020) Bacterial nanotubes are a manifestation of cell death. *Nat. Commun.* 11: 4963.
- Shetty, A. a Hickey, W. J. (2014) Effects of outer membrane vesicle formation, surface-layer production and nanopod development on the metabolism of phenanthrene by *Delftia acidovorans* Cs1-4. *PLoS ONE* 9, e92143.
- Stempler, O. a kol. (2017) Interspecies nutrient extraction and toxin delivery between bacteria. *Nat. Commun.* 8, 315.
- Wei, X., Vassallo, C. N., Pathak, D. T. a Wall, D. (2014) Myxobacteria produce outer membrane-enclosed tubes in unstructured environments. *J. Bacteriol.* 196, 1807–1814.



**RNDr. Imrich Barák, DrSc.** (1961) je absolventom Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského. Post-doktorandský pobyt strávil na University of Georgia, USA. Ďalšie pobyty ako vedecký pracovník strávil na University of Oxford a University of York, Veľká Británia a tiež ako hosťujúci profesor v EPFL, Lausanne, Švajčiarsko a na University of Cagliari, Taliansko. V súčasnosti je vedúci Oddelenia mikrobiálnej genetiky na Ústave molekulárnej biológie, SAV. Je držiteľom Ceny LSR za rok 2020. E-mail: imrich.barak@savba.sk.

## Vplyv postranlačného štiepenia proteínu karbonická anhydráza IX na tumorigénne vlastnosti buniek

**Ivana Kajanová**

Virologický ústav, Biomedicínske centrum Slovenskej akadémie vied, Dúbravská cesta 9, 84505, Bratislava, Slovenská republika

*Posttranslačné štiepenie – shedding je významným mechanizmom regulácie mnohých transmembránových receptorových a adhezívnych proteínov. Ide o jav vyznačujúci sa zapojením do modulácie bunkovej migrácie, adhézie a proliferácie, čím sa podieľa na regulácii základných vývinových a zápalových procesov. Štiepenie zabezpečujú proteíny zo skupiny metaloproteáz a jeho miera je ovplyvňovaná rôznorodými fyziologickými stimulmi. Nefyziologické zmeny týchto stimulov môžu vyvolať narušenie sheddingu, a tým nerovnováhu v množstve bunkovo viazanej a solubilnej formy proteínov, čo býva spojené so vznikom viacerých ochorení. Karbonická anhydráza IX (CA IX) je tiež jedným zo skupiny transmembránových proteínov, ktorý podlieha posttranslačnej regulácii prostredníctvom štiepenia jej extracelulárne lokalizovanej časti. Vzhľadom na hypoxiou indukovanú expresiu a z toho vyplývajúcu asociáciu s nádorovými tkanivami, je CA IX zároveň predmetom onkologického výskumu. Keďže shedding proteínov v mnohých prípadoch reguluje mieru bunkovej migrácie a proliferácie, je pravdepodobné, že štiepenie proteínu CA IX by mohlo vplývať na tumorigénne charakteristiky nádorových buniek.*

### POSTRANSLAČNÉ ŠTIEPENIE PROTEÍNOV A KARBONICKÁ ANHYDRÁZA IX AKO JEHO SUBSTRÁT

Štiepenie extracelulárnych domén (ektodomén) bolo dokázané len u malého počtu povrchových bunkových proteínov (okolo 4%). Medzi nimi sú proteíny zo skupín receptorov (Notch, IL6-R, VEGFR2, IGF2R), adhezívnych molekúl (E-kadherín, CD44), rastových faktorov (HB-EGF, TNF $\alpha$ , NRG1, Jagged), enzýmov (ACE) a ďalších (Hayashida et al., 2010; Scheller et al., 2011). Úroveň bazálneho sheddingu je pritom zvyčajne nízka, ale môže byť značne indukovaná niektorými rastovými a stresovými faktormi, cytokínmi, esterami forbolu, ionofórmami, cytotoxickými liečivami a inými molekulami schopnými regulovať intracelulárnu signalizáciu a navodiť aktiváciu príslušných metaloproteáz.

Na tomto proteázami katalyzovanom procese (Arribas et al. 1996) sa podieľajú hlavne matrixové metaloproteinázy (MMP) a ADAM proteíny (a disintegrin and metalloproteinase). MMP sú na zinku závislé endoproteázy, ktoré sa zúčastňujú remodelingu a degradácie extracelulárnej matrix. Vyznačujú sa doménovou štruktúrou, ktorej základ tvorí metalloproteinázová doména a prodoména u inaktívnych foriem. Viaceré z týchto proteáz boli identifikované ako sheddázy konkrétnych transmembránových proteínov. Ro-

dina ADAM proteínov zahŕňa transmembránové a sekretované proteíny s úlohou v bunkovej adhézii. Zároveň do tejto rodiny patrí prevažná väčšina proteáz zapojených v proteolytickom štiepení ektodomén, čo z nich robí dôležité regulačné proteíny. Správna funkcia ADAM proteínov je nevyhnutná pre mnohé biologické procesy vrátane bunkovej migrácie, vývinu svalov a nervového systému, či imunitnej odpovede organizmu (Edwards et al., 2008). Podobne ako MMP majú ADAM proteíny doménovú štruktúru. Z hľadiska enzýmovej aktivity je kľúčová zinok-viažuca metaloproteinázová doména, ktorá zabezpečuje hydrolytické štiepenie proteínových substrátov. Proteázovú funkciu môžu plniť nasledovné ADAM proteíny: ADAM-8,-9,-10,-12,-15,-17,-19,-20,-21,-28,-30,-33 a ADAMDEC-1 (Edwards et al., 2008). Aktivita ADAM proteáz je regulovaná rozličnými stimulmi, napr. aktivátormi PKC, aktivátormi G-proteínových receptorov a Ca ionofórmami (Seals and Courtneidge, 2003). ADAM proteíny sú vo všeobecnosti citlivé aj na TIMP inhibitory (tissue inhibitors of metalloproteinases), katalytická aktivita ADAM-10 je napríklad inhibovaná TIMP-1 a TIMP-3 (Amour et al., 2000).

Množstvom známych substrátov medzi ADAM proteínmi dominuje ADAM17 (pôvodne pomenovaný ako TNF $\alpha$  konvertujúci enzým – TACE). Do súčasnosti bolo identifikovaných viac ako 76 jeho rôznych substrátov (Arribas and Borroto, 2002; Scheller et al., 2011), nielen zo skupiny cytokínov, ale aj ligandov, receptorov a adhezívnych molekúl, ktoré sú po štiepení ADAM17 aktivované alebo inaktivované. Preto nie je prekvapujúce, že jeho deregulácia je spájaná s mnohými nádorovými ochoreniami a patológiami ako reumatoidná artritída, zápalové ochorenia čriev a pľúc, psoriáza, Alzheimerova choroba, skleróza multiplex, vývinové choroby srdca a diabetes (Gooz, 2010). Expresia a tiež aktivita ADAM17 je indukovaná aj hypoxiou, ktorá je vzhľadom na neadekvátnu nádorovú vaskulatúru (Rzymiski et al., 2012), charakteristickou vlastnosťou mnohých solídnych nádorov. Nádorové bunky sa hypoxickému stresu prispôsobujú reprogramovaním metabolizmu, proliferácie, adhémie, migrácie, invazívnosti a ďalších vlastností, čo im umožňuje nielen prežiť v takomto mikroprostredí, ale aj zvýšiť metastatické schopnosti a rezistenciu na terapiu (Harris, 2002). Primárne sú tieto zmeny navodené hypoxiou-indukovateľným faktorom (HIF), ktorý aktivuje mnohé gény, vrátane génu CA9.

Proteín CA IX je v klinickej praxi osvedčeným biomarkerom nádorovej hypoxie. Ako biomarker môžu byť využívané dve jeho formy, povrchový membránovo viazaný proteín a sheddingom uvoľnená solubilná extracelulárna doména (ECD CA IX), ktorá cirkuluje v krvi onkologických pacientov (Zaťovičová et al., 2005). Bunkovo asociovaná forma je prítomná v širokom spektre nádorov a je spájaná s agresívnym nádorovým fenotypom (Pastorek and Pastorekova, 2015). Aktuálna metaanalýza dostupných klinických dát potvrdila, že pacienti s vysokou expresiou CA IX v nádorovom tkanive majú zvýšené riziko progresie ochorenia a tvorby metastáz, bez ohľadu na typ a veľkosť nádoru (van Kuijk et al., 2016). Na druhej strane, klinický význam cirkulujúcej formy zostáva zatiaľ neistý. Existuje však niekoľko prác hovoriacich o potenciálnom uplatnení ECD CA IX ako neinvazívneho rakovinového biomarkera (zhrnuté v (Pastorek and Pastorekova, 2015)). Expresia CA IX je indukovaná hypoxickou aktiváciou cez transkripčný faktor HIF1. Hypoxia okrem toho reguluje aj správny splicing mRNA CA IX a funkčne aktivuje extracelulárnu časť proteínu fosforyláciou jeho intracelulárne lokalizovanej časti proteín kinázou A (Barathova et al., 2008; Ditte et al., 2011; Wykoff et al., 2000). Táto naviazanosť expresie a funkcie na hypoxické podmienky dodáva CA IX proteínu jedinečnosť medzi ostatnými dvanástimi katalyticky aktívnymi izoformami karbonických anhydráz, keďže vedie k jeho takmer výlučnej prítomnosti v nádorových tkanivách. Tu katalytickou premenou oxidu uhli-



čitého na bikarbonátový ión a protón prispieva k regulácii intracelulárneho pH, ako aj bunkovej migrácie a invazívnosti. Ide o dva samostatné procesy, ktoré sú ale spoločne podstatané pri vytváraní nádorového bunkového fenotypu (Pastoreková et al., 2008; Švastová and Pastoreková, 2013). CA IX svojou funkciou nielen chráni nádorové bunky a umožňuje im prežiť v acidických podmienkach nádorového mikroprostredia, ale zároveň podporuje ich invazívne vlastnosti, a tak im napomáha pri úniku z týchto podmienok, čo môže prispievať k tvorbe metastáz (Chiche et al., 2009; Csaderová et al., 2013; Fang et al., 2008; Parks et al., 2016; Radvák et al., 2013; Stock and Schwab, 2009; Švastová et al., 2012; Swayampakula et al., 2017). Z ďalších štúdií tiež vyplýva, že prítomnosť CA IX podporuje vznik kmeňového fenotypu nádorových buniek, a tým zvyšuje ich rezistenciu voči terapii (Ledaki et al., 2015).

CA IX však nie je len proteínom regulovaným cez HIF1 v nadväznosti na hypoxické podmienky. Je tiež substrátom ADAM17 a pravdepodobne aj niektorých ďalších shedáz (nepublikované výsledky). Tie odštiepujú cca 10% molekúl z celkového množstva CA IX viazanej na membránu, ale viaceré stimuly, vrátane cytotoxickej liečby rôznymi chemoterapeutikami, dokážu úroveň jeho sheddingu výrazne zvýšiť (Vidlickova et al., 2016; Zaťovičová et al., 2005). Vzhľadom na to, že samotný proces posttranslačného štiepenia proteínov má potenciál vplývať na bunkový fenotyp a že jeho miera je u CA IX závislá aj od prebiehajúcej liečby nádorového ochorenia, rozhodli sme sa zamerať náš výskum práve na zmeny bunkového fenotypu, ktoré by mohli byť podmienené uvoľňovaním ECD CA IX. S týmto cieľom sme v našom laboratóriu pripravili delečný mutant CA IX proteínu, u ktorého absencia 10 aminokyselín v nadmembránovej oblasti (393-402aa) spôsobuje narušenie sheddingu. Keďže vytvorená delécia zabraňuje uvoľňovaniu ECD CA IX do média, pomenovali sme tento deletant ako „neshedujúci“ (NS-CA IX) (Kajanová et al., 2020). Porovnanie vlastností buniek exprimujúcich plnú formu CA IX proteínu (FL-CA IX) s bunkami tvoriacimi NS-CA IX variant nám môže pomôcť pri sledovaní vplyvu tejto posttranslačnej regulácie na nádorový bunkový fenotyp. Tento mutant môže zároveň mimikovať fyziologické podmienky v nádoroch, v ktorých je štiepenie CA IX sťažené, či už kvôli zníženej expresii ADAM17 alebo jej silnejšej inhibícii cez TIMP proteíny. Dôvodom zmien v sheddingu môžu byť aj rôzne somatické mutácie, ktoré narušia maturáciu CA IX proteínu, čím môže byť pozmenené štiepne miesto na proteíne.

## VLASTNOSTI NEŠTIEPENÉHO MUTANTU CA IX V KONTEXTE NÁDOROVÉHO FENOTYPU

Experimentálne sa nám podarilo potvrdiť, že NS-CA IX proteín nestráca svoje katalytické schopnosti, keďže pH regulácia zostáva na rovnakej úrovni, ako u bunkových línií s FL-CA IX formou. NS-CA IX variant sa tiež rovnako ako FL-CA IX, nachádza na bunkovej membráne, kde kolokalizuje so svojou shedázou ADAM17, ktorá ho ale nedokáže odštiepiť.

Po týchto overeniach základných vlastností proteínu, sme sa rozhodli sledovať extracelulárny proteóm bunkových línií, ktoré sa líšili len schopnosťou uvoľňovať časť CA IX molekúl do kultivačného média vo forme solubilnej ECD. Na tento účel sme využili komerčne dostupné kity, s ktorými je možné súčasne detegovať hladinu viacerých cytokínov, rastových faktorov a ďalších regulačných proteínov (Proteome Profiler™ Antibody Array, R&D Systems). Na membrány obsahujúce špecifické protilátky sme naniesli kultivačné médiá z buniek exprimujúcich rôzne formy CA IX a následne sme mohli denzitometricky vyhodnotiť rozdiely vo výsledných bodoch. Z výsledkov bolo zjavné, že ex-

presia NS-CA IX variantu vedie ku zmenám hladín niekoľkých regulačných molekúl. Pozorovali sme hlavne zvýšené množstvá pro-onkogénneho cytokínu basigin (EMMPRIN) a pokles antiangiogénneho faktoru trombospondínu-1 (THBS1). Tieto zmeny boli viditeľné ako v normoxických, tak aj v hypoxických podmienkach. Basigin je známy podporou maligného fenotypu vo viacerých typoch nádorov cez stimuláciu glykolytického metabolizmu (Marchiq et al., 2015). Táto molekula môže byť sekretovaná alebo uvoľňovaná ako súčasť extracelulárnych vezikúl a podieľať sa na interakciách nádorových buniek so strómou, čo vedie k zvýšenému rastu nádorov a metastázovaniu (Sidhu et al., 2004). Zaujímavý bol aj expresný profil IGF1 väzobných proteínov IGFBP3 (znížená hladina v NS-CA IX bunkách) a IGFBP2 (zvýšená hladina v NS-CA IX bunkách). IGFBP3 je pritom známy svojimi antiproliferatívnymi a proapoptotickými efektami, zatiaľ čo IGFBP2 vo viacerých nádorových modeloch podporuje ich rast (Baxter, 2014; Yamada and Lee, 2009). Zhodné rozdiely sme potvrdili na úrovni mRNA qPCR analýzou, ako aj na úrovni proteínov vo Western blot analýze. (Kajanova et al., 2020)

Už dávnejšie štúdie dokázali, že prítomnosť CA IX na membráne napomáha k oslabeniu medzibunkových kontaktov, a tak uľahčuje bunkovú migráciu v rámci prvých krokov metastatickej kaskády (Švastová et al., 2012, 2004). Tieto schopnosti sú pritom závislé od nenarušenej integrity ECD CA IX obsahujúcej katalytickú doménu proteínu. Vzhľadom na tento fakt nás zaujímalo, či delécia štiepneho miesta v NS-CA IX nejako neovplyvnila tieto funkcie, ktoré je možné sledovať pomocou disociačnej analýzy. V nej sa konfluentná bunková jednovrstva mechanicky naruší opakovaným pipetovaním, čím vznikajú bunkové zhľuky, prípadne dôjde až k rozpadu na jednotlivé bunky. Na základe počtu vzniknutých častíc je potom možné vyhodnotiť mieru, s akou dochádza k rozpadu medzibunkových kontaktov. Pri porovnaní stabilných bunkových línií exprimujúcich FL a NS-CA IX sme takto zistili, že zabránenie sheddingu CA IX viedlo k významnému zníženiu počtu vytvorených častíc, ktoré pozostávali z väčšieho množstva buniek. Zdá sa teda, že štiepenie ECD CA IX napomáha pri bunkovej disociácii a jeho narušenie vedie k posilneniu medzibunkových kontaktov.

V nasledujúcich pokusoch sme sa rozhodli zamerať na migračné a invazívne vlastnosti NS-CA IX buniek. Štandardne využívaná metóda „hojenia rán“ (wound-healing assay) ukázala rýchlejšiu migráciu u buniek s nesheddujúcim variantom CA IX v porovnaní s bunkami s plnou formou proteínu. Ďalšie analýzy sme robili pomocou systému xCELLigence, vďaka ktorému je možné pozorovať proliferáciu, migráciu a invazívnosť v reálnom čase. Je založený na meraniach zmien elektrickej impedancie na zlatých mikroelektródach, ku ktorým dochádza pri zmenách plochy pokrytej bunkami. Aj touto metódou sme na viacerých stabilne transfekovaných bunkových líniách s expresiou NS-CA IX dokázali významný nárast rýchlosti migrácie, ako aj schopnosti invadovať cez vrstvu matrigelu oproti líniám s nenarušeným sheddingom. Rýchlosť proliferácie sa pritom u jednotlivých porovnávaných bunkových línií nelíšila. (Kajanova et al., 2020)

Prirodzene nás po získaní týchto výsledkov zaujímalo, či sa rýchlejšia migrácia a invazívnosť u NS-CA IX buniek prejaví aj rýchlejším rastom nádorov a zvýšenou tvorbou experimentálnych metastáz v podmienkach *in vivo*. Pristúpili sme preto ku dvom typom experimentov na myšiach. V prvom sme stabilné bunkové línie s rôzne štiepeným proteínom CA IX aplikovali subkutánne a sledovali tvorbu a rast primárnych xenograftov. Xenografty boli merané každé 3-4 dni počas experimentu a po jeho ukončení boli odobraté a odvážené. Zároveň bola myšiam na konci experimentu odobratá aj krv. V krvných sérach sme potvrdili, že solubilná ECD CA IX bola prítomná len v cirkulácii myší,



ktorým boli podané bunky exprimujúce FL-CA IX proteín. Meraním a vážením xenograftov sme dokázali výrazný rozdiel vo veľkosti vytvorených primárnych nádorov, ktoré boli signifikantne väčšie v myšiach, ktorým sme pichali bunky NS-CA IX. Imunohistochemická a Western blot analýza nádorových tkanív pritom neukázala rozdiely v distribúcii a množstve CA IX proteínu. Druhým prístupom bolo aplikovanie línií s rôznou schopnosťou štiepiť CA IX intravenózne do cirkulácie myší a následné sledovanie tvorby pľúcnych metastáz. Po 21 dňoch trvania experimentu sme myšiam odobrali perfundované pľúca, v ktorých sme spočítali množstvo metastatických nodulov a zároveň percentuálne vyhodnotili, akú časť pľúcneho tkaniva tieto lézie pokrývali. Bolo to možné vďaka tomu, že sme použili melanómovú bunkovú líniu B16-F0, ktorou tvorené nádory a metastázy sú kvôli čiernej farbe viditeľné aj voľným okom. Delécia štiepneho miesta a zabránenie sheddingu CA IX nemali za následok vytvorenie signifikantne väčšieho počtu metastatických kolónií, ale plocha pľúc, ktorú pokrývali bola štatisticky význame väčšia. NS-CA IX a FL-CA IX exprimujúce bunky teda prejavili porovnateľnú schopnosť prežiť v cirkulácii a extravazovať do pľúcneho tkaniva, ale NS-CA IX variant napomohol bunkách v rýchlejšej progresii vzniknutých experimentálnych metastáz. Je pravdepodobné, že k tomu dopomohla ich zvýšená medzibunková adhézia, schopnosť migrovať a invadovať alebo aj pozmenený proteínový profil, ktorý im uľahčil interakciu s okolitým mikroprostredím. (Kajanova et al., 2020)

Na základe v súčasnosti známych faktov o fungovaní a regulácii proteínu CA IX je možné naše zistenia vysvetliť dvoma vzájomne sa nevyklučujúcimi teóriami. Prvá je založená na fakte, že sheddingom je do extracelulárneho priestoru uvoľňovaná ECD CA IX, ktorá by mohla interferovať s funkciou bunkovo viazanej formy. Solubilná forma CA IX môže mať aj iného interakčného partnera/receptor, naviazanie na ktorý môže vyvolať spustenie signálnych dráh vedúcich k zmenám v expresnom profile buniek. Druhým vysvetlením by mohlo byť, že vynútené ukotvenie CA IX na membráne podporí adhéziu buniek na extracelulárnu matrix, chráni bunku pred mikroenvironmentálnymi stresmi a prispieva k ich invazívnosti a rezistencii na terapiu. Túto alternatívu podporujú aj skôr publikované výsledky, ktoré spájajú vyššiu koncentráciu CA IX na membráne so zvýšenou viabilitou a chemorezistenciou buniek (Vidlickova et al., 2016).

V popísanej práci sa nám podarilo dokázať, že narušenie procesu posttranslačného štiepenia proteínu CA IX má značný vplyv na vnútorné vlastnosti buniek a vedie k zmenám v ich sekretóme a migračnej kapacite. Za kľúčový považujeme vplyv na rast nádorov a metastatických kolónií *in vivo*, keďže tento model sa najviac približuje reálnym podmienkam v ľudských nádorových tkanivách. Získané dáta podporujú náš pôvodný predpoklad, že shedding ectodomény CA IX je biologicky relevantný proces. Ako taký by mal byť braný do úvahy pri vývoji nových terapeutických stratégií zacielených na proteín CA IX ako aj pri hodnotení solubilnej formy CA IX ako klinického biomarkera.

### **PodĎakovanie**

Ďakujem nadácii Natura za udelenie špeciálnej ceny Dr. Ludmily Sedlárovej-Rabanovej v roku 2021, ktorá je pre mňa cťou a povzbudením do ďalšej vedeckej činnosti. Som veľmi vďačná za spoluprácu RNDr. Miriam Zaťovičovej, CSc., prof. RNDr. Silvii Pastorekovej, DrSc. a všetkým ďalším spoluautorom na publikácii „Impairment of carbonic anhydrase IX ectodomain cleavage reinforces tumorigenic and metastatic phenotype of cancer cells“,

za ktorú mi bola cena udelená. Zároveň ďakujem PharmDr. Tereza Goliaš, PhD. za nomináciu na túto cenu.

Prezentovaná práca bola podporená projektami Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV-15-0697), Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV (VEGA 2/0108/16 and VEGA 2/0074/20), SAS-MOST-JRP-2014/10, ERDF (BIOMED Park, ITMS26240220087) a grantom nadácie George Schwab and Leona Lauder Foundation.

## Literatúra

- Amour, a, Knight, C.G., Webster, a, Slocombe, P.M., Stephens, P.E., Knäuper, V., Docherty, a J., Murphy, G., 2000. The in vitro activity of ADAM-10 is inhibited by TIMP-1 and TIMP-3. *FEBS Lett.* 473, 275–9.
- Arribas, J., Borroto, A., 2002. Protein Ectodomain Shedding. *Chem. Rev.* 102, 4627–4638. <https://doi.org/10.1021/cr010202t>
- Arribas, J., Coodly, L., Vollmer, P., Kishimoto, T.K., Rose-John, S., Massagué, J., 1996. Diverse cell surface protein ectodomains are shed by a system sensitive to metalloprotease inhibitors. *J. Biol. Chem.* 271, 11376–82.
- Barathova, M., Takacova, M., Holotnakova, T., Gibadulinova, A., Ohradanova, A., Zatovicova, M., Hulikova, A., Kopacek, J., Parkkila, S., Supuran, C.T., Pastorekova, S., Pastorek, J., 2008. Alternative splicing variant of the hypoxia marker carbonic anhydrase IX expressed independently of hypoxia and tumour phenotype. *Br. J. Cancer* 98, 129–136. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6604111>
- Baxter, R.C., 2014. IGF binding proteins in cancer: mechanistic and clinical insights. *Nat. Rev. Cancer* 14, 329–341. <https://doi.org/10.1038/nrc3720>
- Chiche, J., Ilc, K., Laferriere, J., Trottier, E., Dayan, F., Mazure, N.M., Brahimi-Horn, M.C., Pouyssegur, J., 2009. Hypoxia-Inducible Carbonic Anhydrase IX and XII Promote Tumor Cell Growth by Counteracting Acidosis through the Regulation of the Intracellular pH. *Cancer Res.* 69, 358–368. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-08-2470>
- Csaderová, L., Debreová, M., Radvák, P., Stano, M., Vreštiaková, M., Kopáček, J., Pastoreková, S., Švastová, E., 2013. The effect of carbonic anhydrase IX on focal contacts during cell spreading and migration. *Front. Physiol.* 4 OCT, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00271>
- Ditte, P., Dequiedt, F., Švastová, E., Hulíková, A., Ohradánová-Repič, A., Zaťovičová, M., Csaderová, L., Kopáček, J., Supuran, C.T., Pastoreková, S., Pastorek, J., 2011. Phosphorylation of carbonic anhydrase IX controls its ability to mediate extracellular acidification in hypoxic tumors. *Cancer Res.* 71, 7558–67. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-11-2520>
- Edwards, D.R., Handsley, M.M., Pennington, C.J., 2008. The ADAM metalloproteinases. *Mol. Aspects Med.* 29, 258–289. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2008.08.001>
- Fang, J.S., Gillies, R.D., Gatenby, R.A., 2008. Adaptation to hypoxia and acidosis in carcinogenesis and tumor progression. *Semin. Cancer Biol.* 18, 330–7. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2008.03.011>
- Gooz, M., 2010. ADAM-17: the enzyme that does it all. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* 45, 146–69. <https://doi.org/10.3109/10409231003628015>
- Harris, A.L., 2002. Hypoxia — a key regulatory factor in tumour growth. *Nat. Rev. Cancer* 2, 38–47. <https://doi.org/10.1038/nrc704>

- Hayashida, K., Bartlett, A.H., Chen, Y., Park, P.W., 2010. Molecular and cellular mechanisms of ectodomain shedding. *Anat. Rec.* <https://doi.org/10.1002/ar.20757>
- Kajanova, I., Zatovicova, M., Jelenska, L., Sedlakova, O., Barathova, M., Csaderova, L., Debreova, M., Lukacikova, L., Grossmannova, K., Labudova, M., Golias, T., Svastova, E., Ludwig, A., Muller, P., Vojtesek, B., Pastorek, J., Pastorekova, S., 2020. Impairment of carbonic anhydrase IX ectodomain cleavage reinforces tumorigenic and metastatic phenotype of cancer cells. *Br. J. Cancer* 122, 1590–1603. <https://doi.org/10.1038/s41416-020-0804-z>
- Ledaki, I., McIntyre, A., Wigfield, S., Buffa, F., McGowan, S., Baban, D., Li, J.-L., Harris, A.L., 2015. Carbonic anhydrase IX induction defines a heterogeneous cancer cell response to hypoxia and mediates stem cell-like properties and sensitivity to HDAC inhibition. *Oncotarget* 6, 19413–27.
- Marchiq, I., Albregues, J., Granja, S., Gaggioli, C., Pouyssegur, J., Simon, M.-P., 2015. Knock out of the BASIGIN/CD147 chaperone of lactate/H<sup>+</sup> symporters disproves its pro-tumour action via extracellular matrix metalloproteases (MMPs) induction. *Oncotarget* 6, 24636–48. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.4323>
- Parks, S.K., Cormerais, Y., Marchiq, I., Pouyssegur, J., 2016. Hypoxia optimises tumour growth by controlling nutrient import and acidic metabolite export. *Mol. Aspects Med.* <https://doi.org/10.1016/j.mam.2015.12.001>
- Pastorek, J., Pastorekova, S., 2015. Hypoxia-induced carbonic anhydrase IX as a target for cancer therapy: From biology to clinical use. *Semin. Cancer Biol.* 31, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2014.08.002>
- Pastoreková, S., Zaťovičová, M., Pastorek, J., 2008. Cancer-associated carbonic anhydrases and their inhibition. *Curr. Pharm. Des.* 14, 685–98.
- Radvák, P., Repic, M., Švastová, E., Takáčová, M., Csaderová, L., Strnad, H., Pastorek, J., Pastoreková, S., Kopáček, J., 2013. Suppression of carbonic anhydrase IX leads to aberrant focal adhesion and decreased invasion of tumor cells. *Oncol. Rep.* 29, 1147–1153. <https://doi.org/10.3892/or.2013.2226>
- Rzymiski, T., Petry, A., Kračun, D., Rieß, F., Pike, L., Harris, A.L., Görlach, A., 2012. The unfolded protein response controls induction and activation of ADAM17/TACE by severe hypoxia and ER stress. *Oncogene* 31, 3621–3634. <https://doi.org/10.1038/onc.2011.522>
- Scheller, J., Chalaris, A., Garbers, C., Rose-John, S., 2011. ADAM17: a molecular switch to control inflammation and tissue regeneration. *Trends Immunol.* 32, 380–7. <https://doi.org/10.1016/j.it.2011.05.005>
- Seals, D.F., Courtneidge, S., 2003. The ADAMs family of metalloproteases: multidomain proteins with multiple functions. *Genes Dev.* 17, 7–30. <https://doi.org/10.1101/gad.1039703>
- Sidhu, S.S., Mengistab, A.T., Tauscher, A.N., LaVail, J., Basbaum, C., 2004. The microvesicle as a vehicle for EMMPRIN in tumor-stromal interactions. *Oncogene* 23, 956–63. <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1207070>
- Stock, C., Schwab, A., 2009. Protons make tumor cells move like clockwork. *Pflugers Arch. Eur. J. Physiol.* 458, 981–992. <https://doi.org/10.1007/s00424-009-0677-8>
- Švastová, E., Hulíková, A., Rafajová, M., Zaťovičová, M., Gibadulinová, A., Casini, A., Cecchi, A., Scozzafava, A., Supuran, C.T., Pastorek, J., Pastoreková, S., 2004. Hypoxia activates the capacity of tumor-associated carbonic anhydrase IX to acidify extracellular pH. *FEBS Lett.* 577, 439–45. <https://doi.org/10.1016/>

j.febslet.2004.10.043

- Švastová, E., Pastoreková, S., 2013. Carbonic anhydrase IX: A hypoxia-controlled “catalyst” of cell migration. *Cell Adhes. Migr.* 7, 226–231. <https://doi.org/10.4161/cam.23257>
- Švastová, E., Witariski, W., Csaderová, L., Košík, I., Škvarková, L., Hulíková, A., Zaťovičová, M., Baráthová, M., Kopáček, J., Pastorek, J., Pastoreková, S., 2012. Carbonic anhydrase IX interacts with bicarbonate transporters in lamellipodia and increases cell migration via its catalytic domain. *J. Biol. Chem.* 287, 3392–402. <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.286062>
- Swayampakula, M., McDonald, P.C., Vallejo, M., Coyaud, E., Chafe, S.C., Westerback, A., Venkateswaran, G., Shankar, J., Gao, G., Laurent, E.M.N., Lou, Y., Bennewith, K.L., Supuran, C.T., Nabi, I.R., Raught, B., Dedhar, S., 2017. The interactome of metabolic enzyme carbonic anhydrase IX reveals novel roles in tumor cell migration and invadopodia/MMP14-mediated invasion. *Oncogene* 36, 6244–6261. <https://doi.org/10.1038/onc.2017.219>
- van Kuijk, S.J.A., Yaromina, A., Houben, R., Niemans, R., Lambin, P., Dubois, L.J., 2016. Prognostic Significance of Carbonic Anhydrase IX Expression in Cancer Patients: A Meta-Analysis. *Front. Oncol.* 6, 69. <https://doi.org/10.3389/fonc.2016.00069>
- Vidlickova, I., Dequiedt, F., Jelenska, L., Sedlakova, O., Pastorek, M., Stuchlik, S., Pastorek, J., Zatovicova, M., Pastorekova, S., 2016. Apoptosis-induced ectodomain shedding of hypoxia-regulated carbonic anhydrase IX from tumor cells: a double-edged response to chemotherapy. *BMC Cancer* 16, 239. <https://doi.org/10.1186/s12885-016-2267-4>
- Wykoff, C.C., Beasley, N.J.P., Watson, P.H., Turner, K.J., Pastorek, J., Sibtain, A., Wilson, G.D., Turley, H., Talks, K.L., Maxwell, P.H., Pugh, C.W., Ratcliffe, P.J., Harris, A.L., 2000. Hypoxia-inducible expression of tumor-associated carbonic anhydrases. *Cancer Res.* 60, 7075–7083.
- Yamada, P.M., Lee, K.-W., 2009. Perspectives in mammalian IGFBP-3 biology: local vs. systemic action. *AJP Cell Physiol.* 296, C954–C976. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00598.2008>
- Zaťovičová, M., Sedláková, O., Švastová, E., Ohradňanová, A., Čiampor, F., Arribas, J., Pastorek, J., Pastoreková, S., 2005. Ectodomain shedding of the hypoxia-induced carbonic anhydrase IX is a metalloprotease-dependent process regulated by TACE/ADAM17. *Br. J. Cancer* 93, 1267–76. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6602861>



**Mgr. Ivana Kajanová, Ph.D.** (1988) je absolventkou Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v odbore Molekulárna biológia. Od roku 2011 pôsobí na Oddelení nádorovej biológie, Virologický ústav, Biomedicínske centrum SAV, v súčasnosti ako samostatná vedecká pracovníčka. Je držiteľkou čestných uznaní v súťažiach UNESCO - *L'Oréal Pre ženy vo vede* (2017), *Súťaži mladých vedeckých pracovníkov SAV* (2021) a špeciálnej Ceny LSR za rok 2020. E-mail: [viruivvi@savba.sk](mailto:viruivvi@savba.sk).

V předchozím čísle Informačních listů GSGM jsme uvedli, že Cenu dr. Ludmily Sedlárovej-Rabanovej za rok 2019 získal dr. Adam Tomašových z Ústavu věd o Zemi Slovenské akademie věd (Informační listy GSGM, 2019, 54: 17-20). V následujícím krátkém příspěvku popisuje význam svých výsledků.

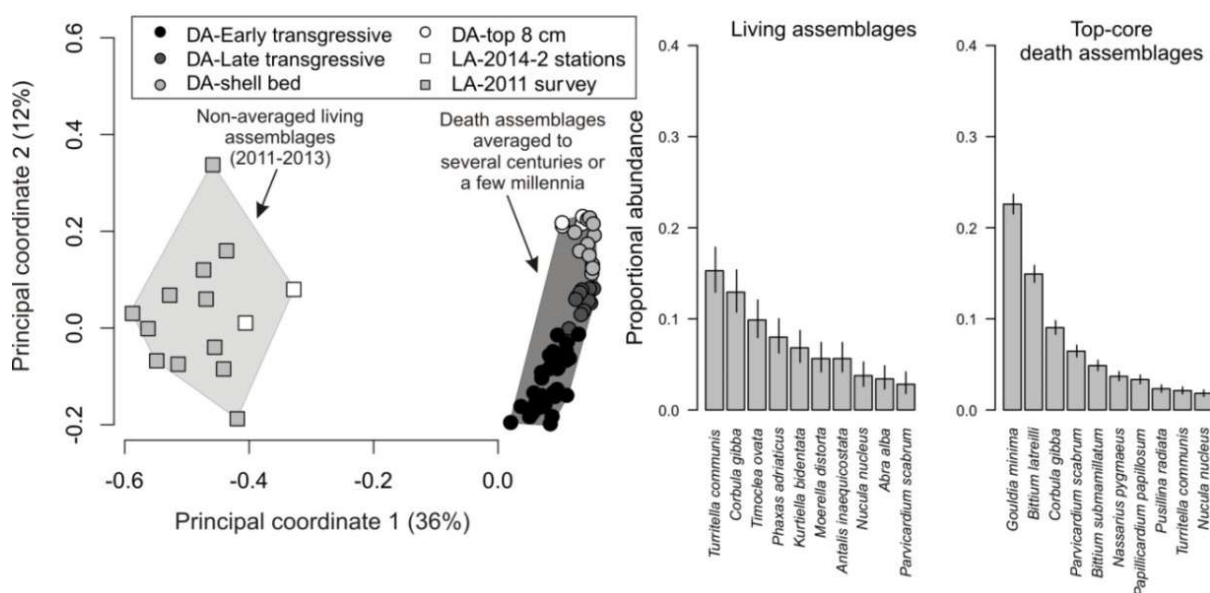
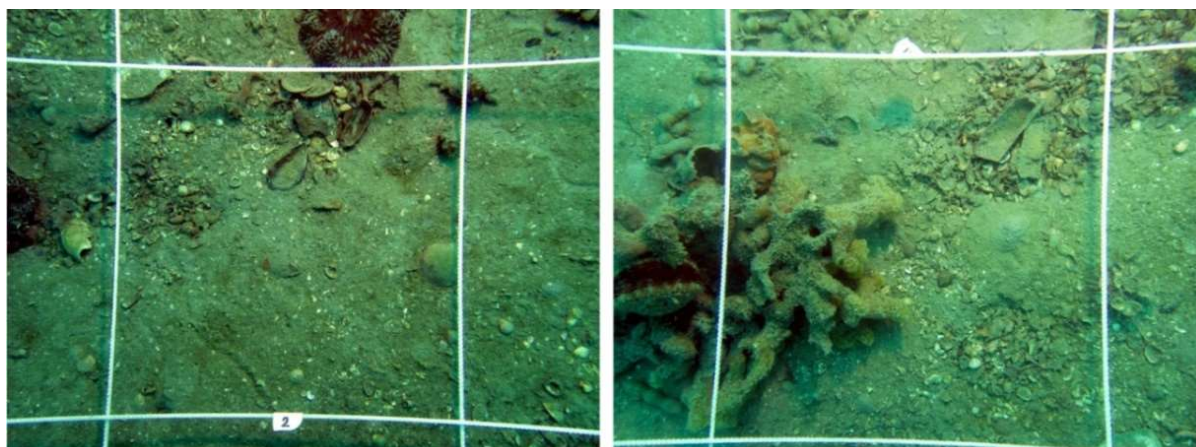
## **Dynamika biodiverzity a rekonstrukcia morských ekosystémov na základe fosílného záznamu**

**Adam Tomašových**

Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava

Sedimentárne vrty s fosílnymi zvyškami archivujú eko-evolučnú históriu ekosystémov počas pleistocénu a holocénu a ich odozvu na rôzne typy klimatických zmien a neskorších antropogénnych disturbancií. Tento typ archívu je ale skreslený v dôsledku výrazného miešania sedimentov samotnými (hrabavými) organizmami (akoby sme pomiešali strany v kronike). Jedným z hlavných cieľov nášho výskumu je tento stratigrafický záznam spätne upratať a tým pádom vysledovať zmeny v zložení a diverzite ekosystémov a početnostiach populácií počas minulých storočí a tisícročí. V dvoch štúdiách z južnej Kalifornie a Jadranského mora sme na základe geochronologických a paleoekologických analýz subfosílnych akumulácií v holocénnych vrtoch rekonštruovali zloženie a diverzitu podmorských ekosystémov (v hĺbkach medzi 20-100 m) pred tým ako začali byť modifikované znečistením, eutrofikáciou, a sezónnou hypoxiou pred začiatkom 20. storočia (Tomašových et al. 2019 a, b). Časové spriemerovanie v jednej stratigrafickej (5-10 cm-hrubej) vrstve v týchto sedimentárnych vrtoch často dosahuje niekoľko storočí a tisícročí, a stratigrafické odmiešanie je tak kľúčové. S metódou stratigrafického odmiešania založenou na rádiometrickom (<sup>14</sup>C) datovaní sa nám podarilo zrekonštruovať silný pokles v populačnej hustote druhov lastúrnikov (*Mollusca*) ktoré sú citlivé na znečistenie (Tomašových et al. 2019a). Jedným z výsledkov je zistenie že v severnom Jadranskom mori došlo v druhej polovici 20. storočia k rozsiahlemu zániku podmorských ekosystémov s morskými trávami (v hĺbkach okolo 10 m) a s epibentickými organizmami ktoré filtrujú morskú vodu a ešte počas 19. storočia vytvárali rozsiahle biostrómy ktoré už v súčasnosti neexistujú (v hĺbkach okolo 20-30 m). V dvoch vrtoch odobratých v južnej časti Terstského zálivu v oblastiach s veľmi nízkou rýchlosťou sedimentácie sa tieto zmeny zrkadlia v zložení a diverzite spoločenstiev s mäkkýšmi počas 19. storočia (Tomašových et al. 2019a). V južnej Kalifornii došlo k výraznému znečisteniu kontinentálneho šelfu a k vzniku mŕtvych zón v druhej polovici 20. storočia, ale podľa analýz niekoľkých vrtov tiež usudzujeme že výrazné zmeny v zložení bentických ekosystémov prebehli v tejto oblasti už v 19. storočí (Tomašových et al. 2019b).

Informační listy GSGM, 2021, 55: 28 – 31

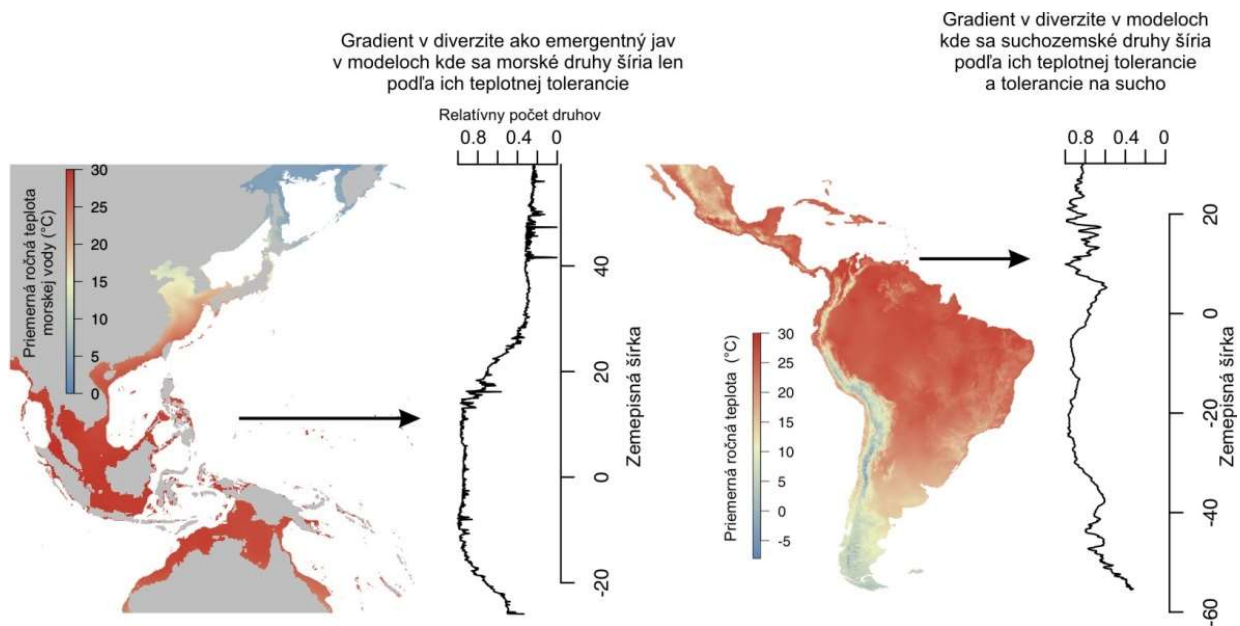


Obrázok 1 – Hore: fotografie z morského dna (južná časť Terstského zálivu, hĺbka 20 m), zachytávajúce prítomnosť zaniknutých biostróm s koncentraciami veľkých schránok epifaunálnych lastúrníkov pokrytých bahnitým pieskom (napríklad *Arca noae* v pravom hornom rohu). Dolu: hlavný rozdiel v zložení medzi živými spoločenstvami a subfosílnymi akumuláciami v dvoch vrtoch odobraných v roku 2011 a 2014.

V časopise *Nature Ecology and Evolution* sme publikovali perspektívu o hypotézach vysvetľujúcich vznik tropického maxima v druhovej diverzite organizmov v suchozemských ako aj morských prostrediach (Tomašových 2019). Táto perspektíva v *News and Views* bola vyžiadaná vzhľadom k paleontologickej publikácii ktorá modelovala vznik tropického maxima v diverzite počas niekoľkých glaciálnych-interglaciálnych cyklov (Saupe et al. 2019). Tento článok a perspektíva nadväzujú na niekoľko modelov distribúcie organizmov kde vyššia diverzita v trópoch nie je priamo determinovaná (napr. cez vyššiu rýchlosť diverzifikácie pri vyšších teplotách), ale je skôr emergentným javom



v dôsledku špecifického rozšírenia organizmov v závislosti od meniacich sa klimatických podmienok. Pravdepodobnosť diverzifikácie druhov v tomto modeli nezávisí priamo na zemepisnej šírke, ale gradient v diverzite (a v iných biogeografických charakteristikách) vznikne pretože fragmentácia geografického rozsahu jednotlivých druhov (kľúčový krok pri diverzifikácii) v dôsledku klimatických zmien je častejšia v trópoch (v suchozemských prostrediach hlavne v dôsledku variability v zrážkovej činnosti) a zároveň v trópoch nedochádza k výraznému zmenšeniu geografických rozsahov druhov (čo by zase viedlo k vyššiemu vymieraniu, na rozdiel od vyšších zemepisných šírok kde počas zaľadnení dochádzalo k strate biómov).



Obrázok 2 – Vľavo: Emergentný vznik latitudinálneho gradientu v diverzite druhov v morskom prostredí v dôsledku priestorového rozšírenia druhov ktoré majú toleranciu na minimálne a maximálne ročné teploty ktoré charakterizujú prostredie v ktorom tieto druhy vznikli. Vpravo: V suchozemskom prostredí takýto model vedie ku komplikovanému gradientu v diverzite kvôli interakcii medzi teplotou a zrážkami. Ak sa tento „priestorový“ model spojí s časovými klimatickými zmenami, tiež vedie k vzniku tropického maxima v diverzite (prevzaté a modifikované z Tomašových 2019).

## Literatúra

- Saupe, E.E., Myers, C.E., Peterson, A.T., Soberón, J., Singarayer, J., Valdes, P. and Qiao, H., 2019. Spatio-temporal climate change contributes to latitudinal diversity gradients. *Nature Ecology & Evolution* 3: 1419-1429.
- Tomašových, A., 2019. Biodiversity gradients emerge. *Nature Ecology & Evolution* 3: 1376-1377.
- Tomašových, A., Gallmetzer, I., Haselmair, A., Kaufman, D.S., Mavrič, B. and Zuschin, M., 2019a. A decline in molluscan carbonate production driven by the loss of vegetated

habitats encoded in the Holocene sedimentary record of the Gulf of Trieste. *Sedimentology* 66: 781-807

Tomašových, A., Kidwell, S.M., Alexander, C.R. and Kaufman, D.S., 2019b. Millennial-scale age offsets within fossil assemblages: result of bioturbation below the taphonomic active zone and out-of-phase production. *Paleoceanography and Paleoclimatology* 34: 954-977.



**Mgr. Adam Tomašových, Ph.D.** (1978) je absolventom Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského (Mgr) a Würzburg Universität, Nemecko (PhD). Postdoktorandský pobyt strávil na University of Chicago, USA (2006-2011). Prednášal ako Ida Pfeiffer hosťujúci profesor na Wien Universität. V súčasnosti pracuje na Ústave Vied o Zemi SAV. Je držiteľom Ceny LSR za rok 2019. E-mail: adam.tomasovych@savba.sk.



*Školní rok 2019/2020 na vysokých školách v České republice a na Slovensku významně ovlivnila opatření, která měla omezit šíření epidemie koronaviru SARS-CoV-2. Mezi ně patřilo i nahrazení kontaktní výuky její distanční formou. Požádali jsme některé pedagogy, aby se s námi podělili o své zkušenosti s distanční výukou a napsali nám, co jim tento typ výuky přinesl a co vzal. Polemiku o distanční výuce vám přinášíme na následujících stránkách a vrátíme se k ní i v příštím čísle Informačních listů.*

**prof. RNDr. Eva Čellárová, DrSc.**

Katedra genetiky

Ústav biologických a ekologických věd

Prírodovedecká fakulta Univerzita Pavla Jozefa Šafaríka v Košiciach

Predmety:

Genetika – prednášky

Evolučná biológia – prednášky

Modelové organismy v genetike – prednášky

Cytogenetika a karyológia - prednášky

### **Výhody**

- zvýšenie kvalifikácie učiteľov a nadobudnutie nových kompetencií pre dištančné vzdelávanie využiteľné v budúcnosti ako alternatíva, napr. v neštandardných situáciách.
- automatizácia procesov vyhodnocovania študijných výsledkov v rámci priebežného a záverečného hodnotenia (napr. v prostredí Moodle), podstatné skrátenie času venovaného skúšaniam.

### **Nevýhody**

- absencia kontaktu učiteľ-študent, bezprostrednej reakcie študentov a vzájomnej interakcie
  - obmedzená možnosť improvizácie na prednáškach – učiteľ nemá bezprostrednú spätnú väzbu, ako študenti vnímajú obsah prednášky
  - zvýšená tendencia k podvádzaniu zo strany študentov; uplatnenie kreativity nesprávnym smerom
  - časová náročnosť prípravy podkladov na skúšanie formou testov (ale možnosť ich recyklácie)
-

**RNDr. Linda Petijová, PhD.**

Katedra genetiky

Ústav biologických a ekologických vied

Prírodovedecká fakulty Univerzita Pavla Jozefa Šafaríka v Košiciach

Predmety:

Genetika populácií – prednášky a semináre

Funkčná genomika (transkriptomika, interaktóm, signalóm) - prednášky a semináre

Pomerne náhly prechod od prezenčnej formy vzdelávania k dištančnej nebol jednoduchý pre obe zúčastnené strany. Z pohľadu vyučujúceho považujem za pozitívum bližšie zoznámenie sa s viacerými videokonferenčnými nástrojmi (BBB, MS TEAMS a ZOOM), ktoré našli rýchlo uplatnenie nielen vo výučbe. Vďaka širokej škále funkcií týchto nástrojov bolo možné realizovať teoretické cvičenia za aktívnej účasti študentov či demonštrovať prácu s webovými nástrojmi študentom v reálnom čase. Okrem videokonferenčných nástrojov sme získali nové zručnosti v práci s e-learningovým portálom LMS MOODLE. Toto prostredie sme využívali najmä na tvorbu zadaní pre študentov a priebežné hodnotenie formou testov s rôznymi typmi úloh. Najmä na začiatku bola táto práca pre nás pomerne časovo náročná, čo však nepovažujem za vyslovené negatívum. Nevýhodou dištančnej formy vyučovania je jednoznačne nižšia aktivita zo strany študentov. Študenti sa častokrát odvolávali na technické nedostatky (výpadok internetového pripojenia apod.), vo väčšine prípadov komunikovali s vyučujúcimi počas výučby radšej formou chatu ako prostredníctvom mikrofónu. Taktiež dištančná forma výučby nedokáže plnohodnotne nahradiť akékoľvek praktické cvičenia. Tento problém sa prirodzene odzrkadlí aj na mnohých experimentálnych záverečných prácach. Za jednoznačné negatívum považujem tiež „vynaliezavosť“ študentov v oblasti podvádžania pri dištančnom skúšaní, rovnako ústnom aj písomnom. Na záver konštatujem, že dištančná výučba je veľká pomoc, ale iba na istý čas. Kontakt so študentami „face-to-face“ sa nedá nahradiť ani tým najsofistikovanejším softvérom...

---

**RNDr. Martina Matoušková, PhD.**

Katedra genetiky

Ústav biologických a ekologických vied

Prírodovedecká fakulty Univerzita Pavla Jozefa Šafaríka v Košiciach

Predmet:

Modelové organismy v genetike - cvičenia

**Výhody:**

- zlepšenie práce v online priestore
- výučba prebieha z domu
- nenakazím sa

**Nevýhody:**

- študenti sa nenaučia plnohodnotne to, čo by sa reálne naučili na cvičeniach
  - nemajú možnosť si vyskúšať rôzne metódy a techniky prípravy materiálu
  - chýba kontakt študent/učiteľ
  - nedostatočná odozva študentov počas vyučovacej hodiny
  - myslím si, že väčšina študentov je prítomná hlavne na začiatku počas prezentácie, často-krát sa stane, že študent je prihlásený na cvičení aj hodinu po jeho skončení
  - výpadky internetu (neočakávané, ale aj plánované hlavne počas testu, prípadne skúšky)
- 

**RNDr. Jana Henzelyová, PhD.**

Katedra genetiky

Ústav biologických a ekologických vied

Prírodovedecká fakulta Univerzita Pavla Jozefa Šafaríka v Košiciach

Predmety:

Modelové organizmy v genetike – cvičenia

Biotechnológia rastlín – cvičenia

**Výhody:**

- vyučujúci sa lepšie oboznámili s možnosťami nástrojov online prostredia (BBB, Moodle, MS Teams), ktoré ďalej využívajú na výučbu/skúšanie
- výučba nie je limitovaná priestorovými možnosťami univerzity, viacero prednášok/cvičení môže prebiehať paralelne, rovnako nie je nutný čas na presun medzi budovami
- hanblivejší študenti, ktorí neradi verejne vystupujú ochotne reagujú použitím chatu
- študentov baví písať/kresliť do prednášok
- využitím funkcie „anketa“ môžu tajne na jednu otázku odpovedať všetci študenti

**Nevýhody:**

- dištančná forma výučby nedokáže nahradiť prezenčnú výučbu, študenti potrebujú byť v laboratóriu a experimentovať
  - počas dištančnej výučby nebolo možné sa v plnej miere venovať riešeniu záverečných prác, časovo náročnejšie experimenty nebolo možné realizovať
  - došlo k narušeniu študijného režimu niektorých študentov, nie všetci dokázali čas na štúdium samostatne manažovať
  - pre vyučujúceho je náročné adekvátne reagovať, ak študentov nevidí a nikto nereaguje (študenti nerozumeli otázke/rozumeli ale nevedia odpovedať/vôbec nepočúvali)
-

**RNDr. Miroslava Bálintová, PhD.**

Katedra genetiky

Ústav biologických a ekologických vied

Prírodovedecká fakulta Univerzita Pavla Jozefa Šafaríka v Košiciach

Predmety:

Genetika – cvičenia

Funkčná genomika – časť metabolomika – prednáška, cvičenie

Biotechnológia rastlín – prednáška, cvičenie

**Výhody:**

- hanblivejší študenti, ktorí sa boja položiť otázky pred svojimi spolužiakmi, využívajú možnosť súkromnej otázky (viditeľná iba študentom a vyučujúcim); podobne ukrajinskí študenti sa neboja naformulovať otázku v písanej forme, keďže majú na to viac času
- v prípade vyhotovenia záznamu z výučby sa dá k jednotlivým témam spätne vracať
- prednáška dištančnou formou podnecuje väčšiu účasť, keďže odpadá problém nedostatočného času na presun medzi hodinami v rôznych budovách ústavu, kedy sú študenti donútení uprednostniť cvičenie
- vyučujúci boli donútení vo väčšej miere využívať nástroje e-learningu, z ktorých niektoré formy budú používané aj počas prezenčnej výučby, napríklad zápočtové testy alebo odovzdávanie a hodnotenie zadaní v prostredí Moodle

**Nevýhody:**

- praktická výučba v laboratóriách nemôže byť nahradená žiadnou formou dištančnej výučby; napriek ukázkam videí priamo z laboratórií, si to študenti nemôžu vyskúšať a osvojiť si základné zručnosti
- bakalárske a diplomové práce experimentálneho charakteru v laboratóriách nemohli byť vykonávané v plnej miere
- počas dištančnej hodiny nie je jasné, či študenti aj aktívne prijímajú informácie
- niektorí študenti vyžadujú priamu spätnú väzbu a individuálny prístup aj počas teoretickej výučby a práve týmto asi najviac uškodila kompletná dištančná výučba
- študentom sa zmenil režim, ktorý si musia aj sami organizovať; niektorí sa tým dostávajú do časového stresu a nestíhajú odovzdať zadaná a pripravovať sa na hodiny tak, ako by si sami predstavovali

**RNDr. Katarína Bruňáková, PhD.**

Katedra genetiky

Ústav biologických a ekologických vied

Prírodovedecká fakulta Univerzita Pavla Jozefa Šafaríka v Košiciach

Predmety:

Genetika – cvičenia,

Genetika človeka – prednášky, cvičenia

Genetika poulácií – prednášky, semináre

Funkčná genomika – časť genomika – prednáška, seminár

Cytogenetika a karyológia – cvičenia

**Pozitíva dištančného vzdelávania:**

***Pre študentov:***

Táto forma vzdelávania priniesla **viac samostatnej práce študentov**, ktorí boli nútení si problematiku samostatne naštudovať a na základe aktívne získaných vedomostí vypracovať pripravené zadania alebo riešiť úlohy, ktoré im poskytli okamžitú spätnú väzbu (v aktívnom prístupe vidím hlavný rozdiel oproti pasívnemu prijímaniu informácií, ktoré je typické pre prezenčnú formu prednášky, počas ktorej sú mnohí študenti pasívnym prijímateľom vybraných informácií. Mnohí sa s takto získanými vedomosťami aj uspokojia a pokiaľ to nie je preferovaná oblasť ich záujmu, nie sú motivovaní študovať danú problematiku hlbšie).

***Pre učiteľa:***

Učiteľ je pri tejto forme výučby motivovaný pripravovať pomocné študijné materiály, napr. rôzne zadania alebo úlohy zamerané na lepšie pochopenie problematiky. Zároveň sa učiteľ nevyhnutne musí zorientovať vo virtuálnych prostrediach, ktoré sú vhodné pre dištančné vzdelávanie - či už pre jednoduché zdieľanie študijných materiálov, pre priamu komunikáciu so študentami v priebehu vzdelávania (audio forma alebo možnosť pre študentov aj učiteľa on-line vpisovať riešenia do vopred pripravených obrázkov, schém, atď.) alebo aj pre preverovanie vedomostí formou testu, čím rozvíja svoje IT zručnosti.

**Negatíva dištančného vzdelávania:**

Chýba vzájomná interakcia. Študenti majú zábrany komunikovať ústne, sú ochotní zapojiť sa skôr písomnou formou. Pre učiteľa je negatívom nutnosť venovať príprave študijných materiálov omnoho väčší priestor ako v prípade prezenčnej formy.

**doc. RNDr. Dana Holá, Ph.D.**

Katedra genetiky a mikrobiologie  
Přírodovědecká fakulta UK  
Praha

Předměty:

Genetika – přednáška  
Praktikum z genetiky

Vzhledem k vysokému počtu studentů zapsaných na přednášce (362) a zároveň omezení počtu současně online přítomných studentů na maximálně 300 (bez ohledu na použitou online platformu), které umožňovaly fakultní/univerzitní licence, přednáška nemohla probíhat formou synchronní výuky online v pravidelném rozvrhovaném čase. Studenti tedy měli k dispozici prezentace v pdf podobě a zvukové nahrávky k jednotlivým prezentacím (postupně přidáváno na Moodle tak, že na každý týden vyšla zhruba dvě témata); obojí si mohli stáhnout a nahrávky si kdykoli pustit (prezentace jsou dělané tak, že na nich kromě obrázků a schémat je poměrně dost textových bodů, aby je studenti mohli použít rovnou jako studijní materiály místo učebnice). V původně rozvrhovaném čase pro přednášku (2x týdně) byl vyučující k dispozici pro online konzultace za předpokladu, že do 20 hod večer předchozího dne student napíše email s tím, že další den ráno chce něco konzultovat. Tuto možnost online konzultací ale využili pouze asi čtyři studenti dvakrát na samém začátku semestru, poté už nikdo nejevil zájem. Asi dva další studenti také několikrát konzultovali písemně mailem - poslali seznam otázek/věcí, kterým nerozuměli (většinou šlo o velmi specializovaná témata), a obratem dostali vysvětlení + případné odkazy na články, kde se o dané problematice mohou dozvědět více. Jinak o možnost konzultací nejevili studenti bohužel moc zájem (přesto, že byli opakovaně na tuto možnost upozorňováni a vyzýváni, ať se nestydí konzultovat, že žádná otázka není hloupá). Podle neoficiálního průzkumu si někteří z nich (ale pouze někteří!) vytvořili studijní kroužky a snažili se o vzájemné společné konzultace/studium, prý aby vyučující zbytečně neotravovali (!). Podle výsledků studentské ankety pořádané fakultou studentům poskytnutá forma studijních materiálů v naprosté většině případů vyhovovala. Zkoušení (písemka, studenti nevybírají z nabízených odpovědí, ale musí odpovědi vypsát) se podařilo realizovat plně prezenční formou, a to i v době přísných opatření (zimní zkouškové období), kdy bylo povoleno maximálně 9 studentů současně přítomných v místnosti.

Praktikum z genetiky, které je za normálních okolností realizováno formou celodenních úvahových úloh na určité téma (na kterém se vždy dá procvičit mnoho různých genetických pojmů, zákonitostí a postupů genetické analýzy) + jednoho dne přípravy a pozorování cytogenetických preparátů, muselo bohužel i v letním semestru proběhnout rovněž online. Výuka probíhala synchronní formou, studenti (celkem 200) byli rozděleni do osmi turnusů po 25, byla použita platforma GoogleMeet. Byť se všichni (jak vyučující, tak studenti) snažili a celkový průběh a výsledek snad nebyl špatný, výrazně chyběl individuální kontakt vyučujících s jednotlivými studenty, kdy je za normálních okolností možno každému poradit / nasměrovat na správnou úvahu podle potřeby, a vyučující rovněž vidí, zda už většina přítomných studentů dospěla ke správnému závěru nebo ne.

Při online výuce toto možné bohužel nebylo. Studenti skutečně poctivě vydrželi celodenní turnusy (každý den od 9 do 16 hod s přestávkou na oběd). V každé paralelce ale byla obvykle pouze cca třetina studentů, kteří aktivně předkládali své nápady, diskutovali je mezi sebou i s vyučujícím. Ostatní se obvykle také snažili problémy samostatně řešit, ale do diskuzí se aktivně nezapojovali. Do půlnoci příslušného dne museli navíc všichni studenti vždy povinně vložit svá řešení (ať už dobrá nebo špatná) a případné poznámky na Moodle, kde to posléze vyučující zkontroloval; nikdo v tomto ohledu nepodváděl, nebylo zřejmé, že by vzájemně opisovali. Původně jsme doufali, že alespoň cytogenetickou část praktika bude možné provést prakticky v reálu, rozvolnění výuky na VŠ bohužel přišlo příliš pozdě, takže i toto téma bylo nakonec realizováno online (byly připraveny a zadány takové cytogenetické úkoly, které studenti měli možnost pomocí volně dostupných programů na analýzu chromozómů řešit na počítači).

### **Výhody pro studenty:**

Asynchronní výuka (přednáška) vyhovuje řadě studentů, nejsou omezováni konkrétním časem, kdy musejí být přítomni v posluchárně (zejména když za normálních okolností je přednáška rozvrhována v úterý od 8:10 a v pátek od 12:20), nemusejí rychle přebíhat do jiné budovy na další předmět, mohou si prezentace studovat kdy a jak se jim zlíbí, a to i opakovaně podle své potřeby.

### **Výhody pro vyučující:**

Asynchronní výuka umožňuje vyučujícímu zorganizovat si další povinnosti (experimenty, administrativní povinnosti apod.) tak, jak potřebuje, aniž by je musel nutně pravidelně každý týden přerušit výukou. Je možné prezentace/nahrávky připravit v klidu, opravit případné přeřeky apod. Ucelená větší témata se nemusí dělit mezi více vyučovacích hodin, ale je možné je připravit a přednést vcelku, není nutné tak striktně dodržovat časové omezení. Potřeba online výuky donutila vyučující rychle se seznámit s řadou online nástrojů a postupů, z nichž minimálně některé budou užitečné i v situacích normální výuky (jak se říká, nouze naučila Dalibora housti, jinak by se k tomu člověk sám asi nepřinutil).

### **Nevýhody pro studenty i vyučující:**

Chybí bezprostřední kontakt mezi vyučujícím a studenty (důležité zejména při praktiku, ale chybí i při přednášce). Vyučující má při přípravě nahrávek poněkud zvláštní pocit mluvení „naprázdno“, bez možnosti sledovat bezprostřední reakci studentů (toto by v případě přednášek pro větší počet studentů platilo i při synchronní výuce, protože technické možnosti všech stávajících platforem omezují počet lidí viditelných na obrazovce a nelze neustále sledovat, zda se někdo nehlásí o slovo). Studenti mají větší zábrany se vyučujícího online na něco dotázat (při reálné výuce přece jen častěji za vyučujícím přijdou s dotazem alespoň o přestávce nebo po skončení přednášky, když už mají problém ptát se přímo při přednášce). Při delším trvání synchronní online výuky u řady studentů vypadávání online spojení nebo menší kvalita přenosu. Ne všichni studenti mají mikrofon nebo webkameru, je obtížné je při činnostech vyžadující jejich aktivní práci, skutečně naživo sledovat (zejména při větších počtech účastníků). Žádná sebelépe zorganizovaná forma online praktika nedokáže nahradit reálné provádění praktických experimentů (v rámci našeho praktika z genetiky to ještě šlo, ale kolegové organizující praktika z molekulární

biologie a dalších vysloveně experimentálních oborů většinou museli vyčkat na to, až bude praktická výuka „naživo“ povolena, což pro studenty i vyučující znamenalo velký zásah do letního zkuškového období a části letních prázdnin. Vzhledem k tomu, že u předmětů biologické sekce PŘF UK není pro studenty striktně dán ročník zápisu určitého předmětu a na určitém předmětu tedy mohli být zapsáni jak studenti z posledních ročníků, tak studenti z jiných ročníků, systém postupného otevírání výuky pro určité ročníky, nastavený MZ ČR, celou situaci navíc nesmírně komplikoval).

---

**Mgr. Alexandr Sember, Ph.D.**

Ústav živočišné fyziologie a genetiky AV ČR  
Liběchov

Předměty:

Pokroky v molekulární cytogenetice – přednáška

Cytogenetika člověka I – přednáška

Cytogenetika - přednáška

**Výhody**

- odpadlo časově náročné přejíždění mezi Mělníkem a fakultou
- nahrávání audia přednášky v domácím prostředí umožnilo v klidu kompletně zrevidovat všechna přednášená témata a zvýšit jejich kvalitu; na nahrávce se také nemohlo stát, že bych zapomněl něco důležitého říct, protože jsem si to mohl v klidu zkontrolovat a také jsem nemusel odpřednášet vše na jeden záťah

**Nevýhody**

- chyběl ten pověstný tlak stihnout přípravu přesně na termín „přímého přenosu“; příště bych již zvolil online výuku např. přes Zoom místo audionahrávek
  - nicméně, pokud jsem přednášel v Zoomu (dvě přednášky), občas mě zlobilo připojení a měl jsem nějaké problémy s mikrofonom, takže jsem se nemohl plně soustředit na výklad, neboť část mé pozornosti konzumovaly obavy o to, jestli mě studenti momentálně dobře slyší
  - chyběla zpětná vazba, nebylo možno vidět reakce studentů, konzultovat s nimi; u audio-nahrávek jsem v podstatě po celou dobu uploadoval přednášky „do tmy“ - to bylo nejvíce ubíjející; až při zkoušení jsem získal zpětnou vazbu, která byla veskrze pozitivní, a tak mě vedle dobrého pocitu na druhou stranu mrzelo, že jsme nemohli s těmito studenty sdílet nadšení pro cytogenetiku společně po celý semestr
  - celý proces zabral nakonec podstatně více času než při standardní výuce (ale aspoň se to odrazilo na celkovém zkvalitnění prezentací)
-



**RNDr. Michaela Schierová, Ph.D.**

Katedra genetiky a mikrobiologie  
Přírodovědecká fakulta UK  
Praha

Předměty:

Základy genetiky, Základy genetiky - cvičení

Studenti měli k dispozici asynchronní videonahrávku přednášky, rozdělenou do 3-8 kratších témat, prezentaci a také pravidelnou synchronní výuku na ZOOM (zkrácená verze ze 135 minut na 90 minut), shrnující podstatné informace, doprovázené otázkami s řešením formou četů nebo kvízů. Z frekvence otírání byl větší zájem o asynchronní přednášky uložené na univerzitním stream serveru, které byly během semestru opakovaně otíráné. Na pravidelných přednáškách se scházela menší skupina studentů, kteří zároveň navštévovali cvičení (teoretické úlohy). Ta probíhala rovněž online. On line přednášky byly rovněž nahrávány a videonahrávky byly zpřístupněny. Cvičení jsem doplnila „domácími úkoly“ odevzdanými do Moodle, které jsem individuálně a opakovaně hodnotila. To umožnilo „vychytat“ některé individuální i obecné problémy studentů. Hodnocení studentů proběhlo asi ze 70% online testováním v Moodle formou testu s otevřenými otázkami. Nebyl zřetelný rozdíl v klasifikaci mezi jednotlivými ročníky ani mezi studenty v prezenčním a online zkoušením. Volba mezi prezenčním a online testováním byla na studentech. Výhoda online testů: vyšší kapacita v 1 termínu, dobrá čitelnost odpovědí, automatické statistické hodnocení otázek. Studenti velmi přivítali i cvičný online test v předtermínu.

**Výhody pro studenty:**

Asynchronní výuka může lépe vyhovovat studentům, kteří jsou psychicky aktivní v různou denní dobu, mohou si lépe přizpůsobit poměrně náročný časový rozvrh bakalářského studia.

**Výhoda pro vyučující u cvičení:**

Vyučující má lepší přehled o počtu studentů, kteří reálně pracují, rozumí tématu apod. Je možné se okamžitě vrátit k problému. U prezenčních cvičení je kontrola jednotlivých studentů pomalejší.

**Nevýhody pro studenty:**

Chybí bezprostřední kontakt s vyučujícím i studenty.

**Nevýhody pro vyučující:**

Výrazně vyšší časová náročnost. Bylo nutné přepracovat úlohy pro cvičení tak, aby vyhovovaly online výuce. Rovněž příprava přednášky ve formě videonahrávek nebyla bez úskalí. Relativně dost času jsem strávila různými webináři zaměřenými na online výuku a testování.

**RNDr. Olga Rothová, Ph.D.**

Katedra genetiky a mikrobiologie  
Přírodovědecká fakulta UK  
Praha

Předměty:

Genetika pro učitelské kombinace – přednáška  
Cvičení z genetiky pro učitelské kombinace  
Repetitorium z genetiky pro učitelské kombinace  
*Platforma Google Meet*

Když přišel koronavirus loni na jaře (2019/2020) do běžícího semestru, tak přinesl obrovskou improvizaci. Studenti dostali na zbytek semestru prezentace v pdf podobě, měli k dispozici konzultace, kterých ale nikdo nevyužil a kupodivu vesměs velmi dobře uměli. Zkoušela jsem ústně, naživo.

V roce 2020/2021 - na cvičení (výpočty příkladů) jsem hodně upravovala prezentace (o to, co normálně kreslím při vysvětlování na tabuli), proběhlo on-line, měla jsem otevřené dva notebooky a všichni jsme měli puštěné kamery, spolupráce byla výborná. Po skončení dostali vyřešit dva testy, chybovost byla v limitu, každý chyboval jinde, takže při řešení testů nespolupracovali. Přednáška proběhla on-line, studenti se hodně ptali, byli velmi aktivní. Zkouším on-line ústně a zatím většina umí velmi pěkně.

Závěrem: s elektronickou výukou jsme se my i studenti museli poprat, tak jsme to udělali. Problém jsou praktická cvičení v laboratořích. Něco se dá řešit pomocí videí, něco ne a pak v dobách uvolnění nastává v laboratořích přetlak. U nás na škole nemáme ročníkově homogenní kurzy, což je také v současné situaci při rozvolňování problém.

---

**Mgr. Zuzana Hübnerová, Ph.D.**

Soukromé osmileté gymnázium DINO-HIGH SCHOOL s.r.o.

Na jaře roku 2020 měli žáci středních škol možnost se trochu seznámit s distanční výukou a jejími nástroji. Na podzim téhož roku studenti naší školy přecházeli na systém nový a ucelenější. Pro obě strany, jak pro učitele, tak pro žáky, to byl čas, kdy jsme se byli nuceni v krátké době naučit ovládat mnoho nových nástrojů.

Genetiku vyučuji v rámci středoškolské biologie a zároveň nadstavby v rámci IB Biologie (International Baccalaureate - britský program v posledních dvou ročnících střední školy). Jako asi všichni kolegové napříč školstvím jsem zaznamenala rapidní pokles aktivity studentů v online hodinách. Dokonce i studenti, kteří ke každému tématu kladli otázky a snažili se do hloubky pochopit probíranou problematiku se v online prostředí odmlčeli. V distanční době jsem se třídami probírala základy molekulární genetiky, kde jsem narazila na problém spojený s absencí neverbální komunikace se studenty. Kamery učitelů neposkytují tolik informace o tom, jak žák pochopil probírané téma a ani žáci nechápou předkládanou látku tak rychle, jako ve škole. K výuce jsem používala vir-

tuální tabuli, prezentace, animace a videa. I přes množství interaktivních a názorných nástrojů se hned po návratu do škol ukázalo, že studentům trvá pochopení látky déle při distanční výuce, než když jsou ve škole. Důvodů je několik. V domácím prostředí středoškoláci bojují s množstvím faktorů, které narušují jejich soustředění. Zároveň se ukazuje, že absence neverbální komunikace učitele u tabule, či u schématu, není nahraditelná použitím ukazatelů na obrazovce. Po návratu do školy bylo možné podobně komplexní téma probrat až třikrát rychleji (tedy stačila jedna až dvě vyučovací hodiny oproti třem až čtyřem na distanční výuce).

Témata zahrnující genetiku, stejně jako biochemická témata spolu s molekulární biologii nejsou z nejlépeších a žáci na ně tedy potřebují co nejvíce pomůcek. Ve škole je možné využít 3D modely na které si žáci sáhnou, je možné proces simulovat s pomůckami a formou hry, pak je proces pochopení mnohem rychlejší.

V případě pokročilejší výuky genetiky v rámci IB Biologie jsou vyučovány specifika genové exprese, základní principy molekulární biologie, dědičnosti i interakce jednotlivých alel a jejich důsledky. Vzhledem k velmi malému počtu studentů v této skupině bylo možné toto téma zvládnout vcelku rychle i při distanční výuce. Pro skupinu více než pěti studentů si však nedokáží přestavit, že by bylo možné tato témata skutečně do hloubky obsáhnout v rozumném časovém horizontu.

S pokračující distanční výukou se sice žáci více sžili s moderními technologiemi a byli schopni je používat, nicméně to nevedlo ke zvýšení jejich pozornosti. Podle jejich vlastních slov byl tento způsob výuky pro ně mnohem více vyčerpávající a bylo těžké udržet pozornost a plně pochopit probíraná témata. Z dlouhodobého hlediska se ukáže, zda si studenti z distančního vzdělávání skutečně něco odnesli, nicméně první týdny po návratu do škol zatím ukázaly, že distanční výuka je mnohem méně efektivní, než prezenční.

### **Výhody**

- zlepšení IT dovedností na straně učitele i žáků
- větší bezpečí pro všechny z hlediska epidemiologické situace
- větší možnost zadávat práci s využitím žákova domácího prostředí (při prezenční výuce nelze zadávat větší množství DÚ)

### **Nevýhody:**

- výuka závislá na internetovém připojení každého žáka (nepředvídatelné výpadky velmi narušují výuku)
- snížení pozornosti žáků, mnoho vyrušujících faktorů v domácím prostředí
- snížený neverbální kontakt žáků s učitelem (učitel nemá dostatek zpětné vazby, zda žáci látce opravdu rozumí a žáci hůře a pomaleji chápou komplexnější témata)
- snížení a místy až absence verbální zpětné vazby od studentů
- pro učitele náročné zapojit celý kolektiv (efekt rozhlasu, nemůže mluvit více lidí najednou, není pak rozumět nikomu a studenti nemají možnost načasovat svůj příspěvek v diskusi podle neverbálních signálů spolužáků i učitele, což vede k rapidně nižšímu zapojování studentů do diskusí)

**RNDr. Magda Zrzavá, Ph.D.**

Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita  
České Budějovice

Předměty:

Genetika

Cvičení z genetiky

Cytogenetika

Výuku jsem pojata tak, že jsem přednášky předem namlouvala a pak je poskytovala studentům, chtěla jsem se tak vyhnout problémům s připojením a byla to příležitost udělat revizi přednášek a konečně udělat úpravy, na které jsem se už nějakou dobu chystala. Mluvení do monitoru pro mě byla nová disciplína, i když po překonání prvního odporu už jsem na tom našla i **řadu pozitiv**:

- výše zmíněné zkvalitnění přednášek
- studenti si mohou nahrané přednášky pustit kdy a kolikrát chtějí
- nebyla jsem s přednášením vázaná na rozvrh, namluvila jsem je, když se mi to hodilo

**Negativa:**

- je mi líto studentů prvního ročníku, protože díky proticovidovým opatřením během studia ještě téměř neviděli živého člověka, ať pedagoga, tak spolužáka; ostatní studenti to samozřejmě postihlo také, ale prváky nejvíce
- chyběl mi ten kontakt se studenty při přednášce, kdy člověk přece jen dostává jakousi zpětnou vazbu z tváří posluchačů, i kdyby nepromluvili; a také mi chyběl ten adrenalin
- příprava předem namluvené přednášky je časově mnohem náročnější než živé přednášení, v mém případě přibližně třikrát
- ještě nevím, jak se mi budou naživo přednášet kurzy, u kterých již existují nahrané materiály z loňska; přednášky sice neustále upravuji a předělávám, ale obvykle to nejsou radikální změny; jsem zvědavá, jestli budou mít studenti ještě potřebu na živou přednášku přijít, když budou mít tu loňskou nahranou

Závěrem bych si dovolila jednu otázku do pléna. Když už jsme připravili tolik online materiálů pro výuku genetiky, nechceme s nimi něco podniknout?

**prof. RNDr. Jan Šmarda, CSc.**

Ústav experimentální biologie

Přírodovědecká fakulta MU

Brno

Předměty:

Molekulární biologie - přednáška

Buněčná biologie - přednáška

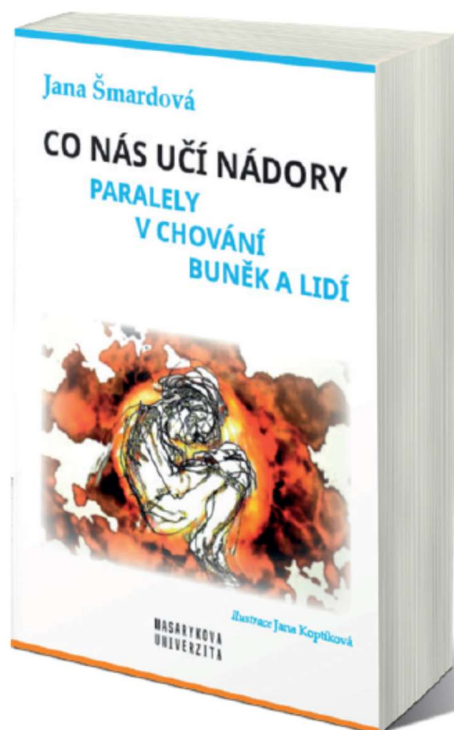
Molekulární biologie eukaryot - přednáška

Příběhy vědy: gen - přednáška

Příběhy vědy: rakovina - přednáška

*Platforma ZOOM*

Distanční výuku hodnotím jako nouzové řešení pro nouzovou situaci a velmi se těším na obnovení výuky kontaktní. Přednášky chápu nejen jako prostředek pro tok informací ze strany učitele ke studentům (to by je zcela uspokojivě mohlo nahradit čtení učebnicových textů), ale taky (a hlavně) jako prostředek, kterým učitel své studenty inspiruje, podněcuje jejich zájem o probíranou látku, zdůrazňuje souvislosti, přenáší na ně svůj entusiasmus, apod. K tomu využívá mimiku, řeč těla, změny intonace a důrazů ve svém výkladu, a průběžnou interakci s auditoriem. Dobrý pedagog sleduje atmosféru v posluchárně, mění dynamiku výkladu podle toho, jestli vidí v očích studentů zájem nebo únavu. Když je tam zájem, může výklad vygradovat, když únavu, zpomalí jej a odlehčí nějakým vtípkem, aby opět získal většinou pozornost. Nic z toho nelze použít, pokud pedagog přednáší do mikrofonu sám před monitorem. Výměnu energie mezi vyučujícím a studenty v průběhu přednášky bych s určitou nadsázkou přirovnal k výměně energie mezi hudebníky a posluchači na rockovém koncertě. Nadšení a energie se z pódia přenáší na posluchače a od nich zase zpět, a stimuluje hudebníky k ještě lepšímu výkonu. Ačkoliv nejsem muzikant, domnívám se, že únavu a zároveň uspokojení, které cítím po dobré přednášce, je podobná tomu, co cítí rockeři po dobrém koncertě. Po bezkontaktní přednášce však po-  
cítuji jen únavu, uspokojení nikoliv.



Lze se pro dobré fungování lidské společnosti poučit nebo inspirovat studiem nádorů? Jak vznikají? Proč nás tolik zajímají? Co nás učí? Mnohobuněčný organismus je v této knize prezentován jako komplexní systém tvořený mnoha buňkami, které spolupracují, zatímco nádory jsou výsledkem opuštění spolupráce a porušováním jejích základních principů. Autorka na základě obecné teorie systémů hledá paralely a extrapolace pravidel spolupráce a forem jejich porušování i v jiných komplexních systémech, včetně lidské společnosti. Vedle detailnějšího vhledu do podstaty vzniku a vývoje nádorů kniha nabízí také zamyšlení nad otázkou, zda i lidé, podobně jako nádorové buňky, neporušují nebezpečně a sebe-destruktivně klíčová pravidla podmiňující dobré fungování systému, jehož jsou součástí.

**MUNI**

**PRESS**

ISBN 978-80-210-9699-8

Pevná vazba s přebalem

Rozsah 364 stran, původní vědecké ilustrace Dr. Jany Koptíkové

<https://www.press.muni.cz/knihy/pripravujeme>

V nakladatelství Munipress Masarykovy univerzity vyjde koncem června 2021 kniha **prof. RNDr. Jany Šmardové, CSc.** z Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty MU s názvem *Co nás učí nádory* a podtitulem *Paralely v chování buněk a lidí*. Členům genetické společnosti nabízí Munipress výhodnější cenu. Kód pro slevu v Munishopu je **PŘESAHY** a po jeho zadání získají slevu 25 %.

<https://munishop.muni.cz/obchod/knihy/co-nas-uci-nadory-00003029699>

Z recenzí vybíráme:

„Kniha profesorky Jany Šmardové je zcela originální svým mezioborovým přístupem, do kterého se promítá hluboká znalost onkobiologie a přírodních věd, ovšem také filozofický, sociologický a psychologický úhel pohledu v míře dosud nezvyklé. Pro mnohé to bude sociologizující biologie, pro jiné biologizující sociologie, pro všechny však zcela nový a inspirativní úhel pohledu, který rozšiřuje naše vnímání velmi aktuální reality. Kniha je čtivá a řekl bych, že čtenář až dychtivě čeká, co přinesou její další strany a kapitoly. Přečetl

jsem ji v rukopisu jedním dechem a nezastírám nadšení, neboť neznám další odborníky u nás, kteří by se takového pohledu kvalifikovaně a motivovaně ujali.“

*(Z recenze prof. MUDr. Jana Žaloudíka, CSc.)*

„Je to inspirující zamyšlení nad podobností dvou ‚světů‘ – buněčného soužití v lidském těle a soužití jedinců v lidské společnosti. Na jedné straně čistě odborný popis, na druhé straně filozofický pohled. Jejich skloubení dodává knize na jedinečnosti. V částech A může sloužit jako vědecky přesná a didakticky precizní učebnice pro zájemce, kteří mají základní biologické, molekulárně-genetické znalosti. I ostatním čtenářům nabízí mnoho zajímavých a pochopitelných informací, které jsou detailně vysvětleny. Text je navíc doprovázen originálně a přehledně ztvárněnými obrázky Mgr. Jany Koptíkové, Ph.D. Při čtení o buňkách člověka ihned automaticky napadají paralely lidí ve společnosti a čtenář je zvědavý, co bude dál. Část B každé kapitoly je dokladem toho, jak autorka o svém oboru hluboce přemýšlí v jiných dimenzích. Je až fascinující, jak nachází v různých literárních zdrojích z oblastí sociologie, ekonomie, psychologie, filozofie, evoluční biologie a jiných paralely typických znaků nádorů s hříchy v lidské společnosti.“

*(Z recenze prof. RNDr. Jiřiny Relichové, CSc.)*

**Perličky ze školních lavic  
(z písemných zkoušek z genetiky, PŘF UK, Praha, 2015 – 2017)  
doc. RNDr. Dana Holá, Ph.D., Katedra genetiky a mikrobiologie, PŘF UK, Praha**

DNA je tvořena deoxyribonukleovou kyselinou.

\*\*\*

Otázka: Popište chloroplastový genom.  
Odpověď: Rostliny mají větší molekuly než živočichové

\*\*\*

Rekombinační mapy jsou návody, podle kterých dochází k rekombinacím.

\*\*\*

Díky sekvenování na platformě *Illumina* dokážeme zjistit, v jaké části buněčného cyklu se buňka nachází – v každé fázi totiž svítí jinou měrou.

\*\*\*

Princip PCR: Provádí se tak, že něco zahřeju, přidám, zchladím, zahřeju.

\*\*\*

Centrálním dogmatem molekulární genetiky jsou mendelovské zákony.





Snadné monitorování  
Vašich buněk

## CO<sub>2</sub> inkubátor s vizí

Nový CO<sub>2</sub> inkubátor CellXpert® C170i.

Eppendorf nabízí nový model CO<sub>2</sub> inkubátoru s maximální flexibilitou použití, spolehlivým výstupem dat a poskytující optimální podmínky růstu pro citlivé buňky. Přístroj šetří náklady na provoz a poskytuje tradiční spolehlivost výrobků Eppendorf. Tímto Eppendorf představuje nového člena CO<sub>2</sub> inkubátorů — CellXpert C170i.

- > dovybavení stávající konfigurace např. o O<sub>2</sub> kontrolu, měděnou komoru
- > rychlé znovuobnovení koncentrace CO<sub>2</sub> plynu a odchylky teplot
- > omezení kontaminace pomocí vnitřní komory s kulatými rohy
- > konstrukce bez ventilátoru — minimum vibrací a turbulence
- > robustní madla, pravé i levé otevírání



[www.eppendorf.com/CellXpert](http://www.eppendorf.com/CellXpert)

Kontakt: Eppendorf Czech & Slovakia s.r.o. · Voděradská 2552/16 · 251 01 Říčany u Prahy · e-mail: [eppendorf@eppendorf.cz](mailto:eppendorf@eppendorf.cz)  
Eppendorf®, Eppendorf Brand Design and CellXpert® are trademarks of Eppendorf AG, Germany.  
All rights reserved, including graphics and images. Copyright © 2018 by Eppendorf AG.

# Roche

## – Váš partner pro NGS

*Roche nabízí ucelené portfolio špičkových produktů pro vaše NGS projekty a podporu a kvalitu, na kterou se můžete vždy spolehnout.*

### Příprava DNA knihoven

KAPA HyperPlus – enzymatická fragmentace

KAPA HyperPrep – mechanická fragmentace

- Rychlé workflow, malé množství vstupního materiálu včetně FFPE vzorků a >90% míra konverze vzorku do knihovny
- Roche čistící kuličky KAPA HyperPureBeads pro maximální efektivitu a adaptéry pro kompletní a optimalizované workflow



### Příprava RNA knihoven

Produkty KAPA RNA HyperPrep

- Příprava knihovny během jediného dne včetně nabohacení mRNA nebo odstranění rRNA ze vzorku
- Méně pipetování, vysoké výtěžky kvalitních, komplexních knihoven



### Target Enrichment

NGS data, kterým můžete věřit.

- Nejpresnější hybridizační sondy na trhu, jednotná délka 120 nt
- Optimalizované reagencie a dlouholeté know-how designu panelů pro nejlepší nabohacení
- Maximální uniformita pokrytí a minimum PCR duplikátů



KAPA HyperExome – nejnovější exomový panel o kompaktní velikosti 43 Mb.

KAPA Custom TE panels – vlastní panely na míru podle Vašich potřeb o velikostech

0,5–200 Mb jak pro lidské vzorky, tak pro vzorky z jiných organismů. Návrhy či změny můžete provést kdykoliv sami díky jednoduché online aplikaci KAPA HyperDesign.

Produkty KAPA slouží k přípravě sekvenačních knihoven nové generace (NGS) a jsou určeny pouze pro výzkumné účely (Research Use Only). Pro více informací o jednotlivých produktech čtěte prosím příbalové letáky a návody k použití pro zvolené workflow, které najdete na <https://go.roche.com/cz-elabdoc>.