

5. ročník (2020/2021)



4. SADA

Autorské řešení

MUNI | RECETOX
SCI

MUNI Ústav
SCI experimentální
biologie

Průlet touto sadou

1. Dezinformace v době covidové (Anna Ireinová)	3
2. Antistresové omalovánky života (Vít Procházka)	14
3. Návštěva z minulosti (Monika Kuncová)	19
4. Móda, hry a námluvy (František Váňa, Oldřich Tomášek)	24
5. Genetics of quantitative traits and population genetics (Stanislav Juračka).....	32

Anna Ireinová (e-mail: anna.ireinova@seznam.cz)

1. Dezinformace v době covidové

20 bodů

Proč se necháváme očkovat?

V dnešní době je důležité více než kdy dříve vyvracet dezinformace, hoaxy a polopravdy týkající se zdraví, zdravotnictví a vědy jako takové. Pojdme se dnes společně podívat na oblast očkování. Ve cvičeních, která obsahují tečky (.....) doplňte vynechané slovo, slova nebo čísla.

Výzkum na lidech je ohraničený etickým a právním rámcem, přičemž jako první se této problematice věnoval Norimberský kodex z roku 1947. Účastník výzkumu musí stvrdit svou ochotu zapojit se do výzkumu podpisem informovaného souhlasu, který je kdykoliv odvolatelný. Do výzkumu na lidském subjektu řadíme např. psychologický a sociologický výzkum, epidemiologické studie a experimentální biomedicínský výzkum. Pod poslední uvedený spadá mimo jiné klinické hodnocení léčiv, kterým musí projít každá látka uvedená na náš trh.

Při výzkumu nově vyvíjených látek je první fází preklinické hodnocení, které zahrnuje biochemický výzkum, počítačové modelování, studie in vitro (na tkáňových kulturách) a také testy na zvířatech. Následuje hodnocení klinické.¹⁾

1. Jaké jsou čtyři fáze klinického hodnocení a co se v každé z nich odehrává? Zkuste odhadnout, kolik dobrovolníků se účastní jednotlivých fází. [2 b]

1. fáze: hodnocení bezpečnosti léčiva se zdravými dobrovolníky (5–100 dobrovolníků)
2. fáze: zjištění základní účinnosti léčiva s malým nebo středním počtem pacientů (100–500 dobrovolníků)
3. fáze: výzkum podrobností o účinnosti, kontraindikacích a vedlejších účincích na velkém počtu pacientů (1000–5000 dobrovolníků)
4. fáze: hodnocení již registrovaného léčiva – jeho monitoring po uvedení na trh

2. Kdo dohlíží na klinické hodnocení léčiv v ČR a jaké databáze můžeme na jejich internetových stránkách najít? Jaký je název evropské agentury, která má na starosti mimo jiné monitorování bezpečnosti léčiv v průběhu jejich životního cyklu? [1 b]

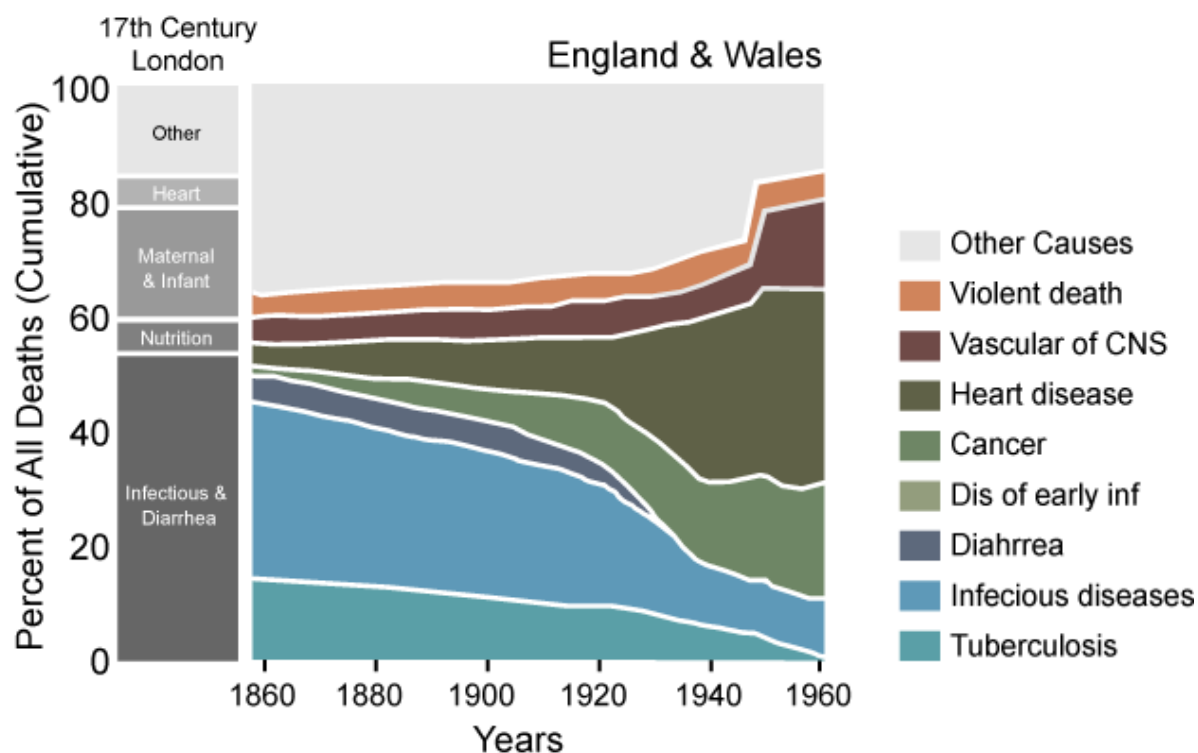
Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL), na stránkách sukl.cz lze nalézt databáze léků, lékáren a klinických hodnocení.

Evropská agentura pro léčivé přípravky, anglicky European Medicines Agency (EMA).

Stejným procesem testování prochází také všechny vakcíny. Za jejich otce je dnes označován Louis Pasteur (1), významný francouzský chemik působící v 19. století, který se zabýval studiem fermentace, mikrobiologie a imunologie. Za jeden z jeho nejvýznamnějších objevů je považován vývoj obecné očkovací metody, kterou využil napřed k imunizaci hospodářských zvířat proti choleře drůbeže (2) a sněti slezinné neboli anthraxu (3) a poté ji úspěšně aplikoval i u lidí nakažených vzteklinou (4). Jeho základní myšlenka byla využita dalšími vědci pro vývoj očkovacích látek proti jiným vážným chorobám té doby, např. tyfu. [1 b]

Očkování spolu se zavedením léčby antibiotiky a úpravou (chlorací) vody vedlo k významnému snížení výskytu a úmrtnosti na infekční choroby, jako je průjem, spalničky, zápal plic, obrna a černý kašel. Dle údajů WHO^{2) 18)} (World Health Organization) zabrání imunizace 2-3 milionům/4-5 milionům (1) úmrtí ročně. Je to také jedna z neúspěšnějších a finančně nejvýhodnějších zdravotnických preventivních opatření. Pokud by došlo k rozšíření očkovacího programu, mohli bychom zabránit dalšímu 1,5 milionu úmrtí. [1 b]

Děkuji řešitelům, kteří zachytili dvojí údaje WHO týkající se počtu zabráněných úmrtí. Dokonce jsem zjistila, že se mi podařilo ozdrojovat původní údaj 2–3 miliony odkazem²⁾ na údaj 4–5 milionů. Autorské řešení je tímto upraveno a uznány jsou obě odpovědi.



3)

A Díky očkování došlo k vymýcení pravých neštovic (1) jakožto zatím jediného infekčního onemocnění. Eradikace byla oficiálně vyhlášena na 33. valném shromáždění WHO v roce 1980 (2). Toto virové onemocnění bylo smrtelné až pro 30 % nakažených a neexistovala na něj žádná léčba. Většině přeživších byla zjizvena, někteří i oslepli a ještě v 50. letech 20. století bylo každoročně okolo 50 milionů nakažených.⁴⁾ [1 b]

3. Jaká je definice a podmínky eradikace? Jak se liší od eliminace onemocnění? [1 b]

Eradikace je globální zastavení šíření patogenního agens s následným celosvětovým vymizením příslušné infekční nemoci. Je podmíněna výhradním výskytem onemocnění u člověka, neexistencí rezervoáru nemoci v přírodě a existencí očkování. Eliminace je zastavení šíření patogenního agens s následným vymizením příslušného infekčního onemocnění v určitém regionu (např. stát, kontinent).⁵⁾

B Na stejné cestě je také eradikace dětské obrny (poliomyelitidy) (1), jejíž epidemie ohrožovaly dětskou (2) populaci ve 40. a 50. letech 20. století. Díky vývinu vakcíny v roce 1955 a následným intervencím WHO se podařilo snížit výskyt od roku 1988 o 99 %.⁶⁾ Dnes zbývají pouze tři země, kde se nepodařilo zastavit šíření tohoto virového onemocnění – Pákistán, Afghánistán a Nigérie. Nemoc nejčastěji postihuje děti mladší pěti let napadením nervového systému. 1 z 200 nakažených je nenávratně paralyzován (3) (často v dolních končetinách) a 5–10 % paralyzovaných umírá na imobilizaci dýchacích svalů (4).⁷⁾ Jedinou nadějí nakažených byla speciální podtlaková komora, tzv. železné plíce (5).⁸⁾ Dodnes neexistuje žádná léčba, pouze prevence díky očkování. Postupně se ukazuje, že u pacientů, kteří v dětství nemoc překonali a jejich zdravotní stav byl dlouhodobě stabilizovaný, se může projevit tzv. post-poliomyelitický syndrom (6), jež se zatím nepodařilo jednoznačně vysvětlit.⁹⁾ [2 b]



C Spalničky (1) jsou jedno z nejnakažlivějších virových onemocnění postihujících člověka. Do vývinu vakcíny v roce 1963 docházelo každé 2–3 roky k výskytu závažných epidemií a přibližně 2,6 milionu úmrtí ročně. Nejohroženější skupinou jsou neočkované děti do pěti let věku, které jsou nejnáchylnější k závažným komplikacím – např. otok mozku způsobený encefalitidou (2), vážná infekce dýchacích cest, jakou je pneumonie (3), nebo ušní infekce vedoucí až ke ztrátě sluchu. Horší průběh je mnohem pravděpodobnější u podvyživených dětí, především těch potýkajících se s nedostatkem vitamínu A nebo s oslabeným imunitním systémem. Nakazit se ale může každý neimunní jedinec – ten, který nebyl očkovaný, anebo byl, ale nevytvořil si protilátky.¹⁰⁾ [1 b]

Vakcinace mezi lety 2000–2018 zabránila přibližně 23,2 milionům úmrtí a řadí se tak mezi nejvýhodnější investice do veřejného zdravotnictví vůbec. I v zemích, kde již bylo onemocnění téměř eliminováno je vakcinace stále nezbytná – podstatným zdrojem infekcí jsou importované případy, které se v neočkovaných komunitách velmi snadno šíří. V roce 2019 bylo zaznamenáno nejvíce případů za posledních 23 let spolu s nárůstem úmrtí o téměř 50 % od roku 2016. Za 207 500 úmrtími jen v roce 2019 stojí zanedbání očkování dětí včas oběma dávkami vakcíny.¹¹⁾

4. V následujícím videu je navržený myšlenkový experiment (založený na reálných údajích): představte si paralelní svět, kde se neočkuje proti spalničkám. 10 milionů dětí se nakazí – co následuje?



Vypište důsledky uvedené ve videu a jejich procentuální pravděpodobnost. Následně vyplňte vedlejší efekty očkování, opět s jejich procentuální pravděpodobností. Doplňte také procentuální pravděpodobnost vážně nemocných a zemřelých neočkovaných dětí a pravděpodobnost vedlejších účinků u dětí očkovaných. [3 b]

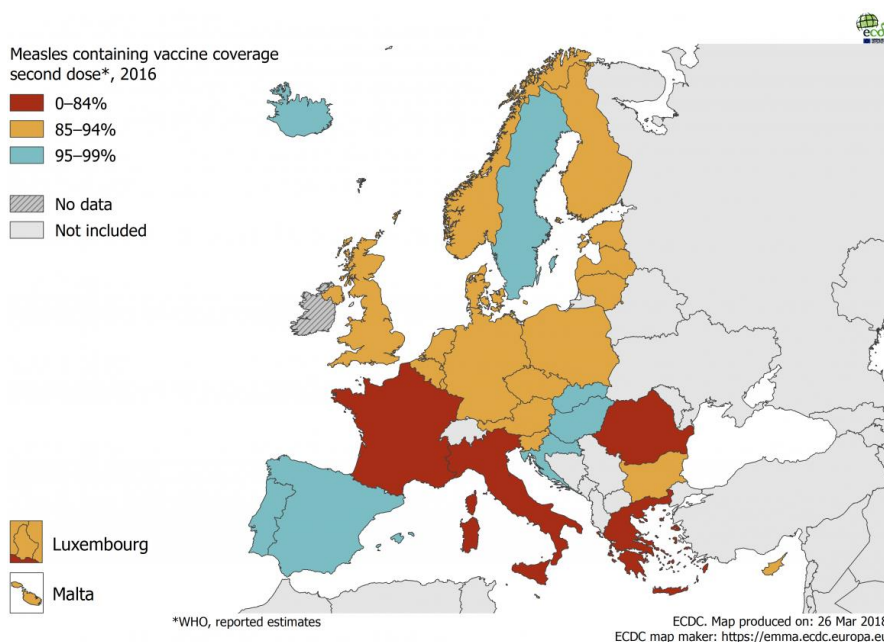
[The Side Effects of Vaccines - How High is the Risk?](#)

(video je v angličtině, je možné zvolit si české nebo anglické titulky)

10 000 000 dětí			
Bez očkování		S očkováním (MMR)	
horečka a vyrážka	98 %	horečka	10 %
těžký průjem	8 %	mírná vyrážka	5 %
ušní infekce	7 %	silná alergická reakce	0,001 %
pneumonie	6 %	zánět genitálu (u chlapců)	0,0001 %
encefalitida	0,1 %	encefalitida	0,0001 %
SSPE (subakutní sklerotizující panencefalitida)	0,025 %		
vážněji nemocných	25 %	vážnější vedlejší účinky	0,0012 %
mrtvých	0,2 %		

5. Co je to tzv. kolektivní imunita (herd immunity)? Jaké je přibližné procento proočkovanosti populace nutné k jejímu dosažení u spalniček a obrny? [2 b]

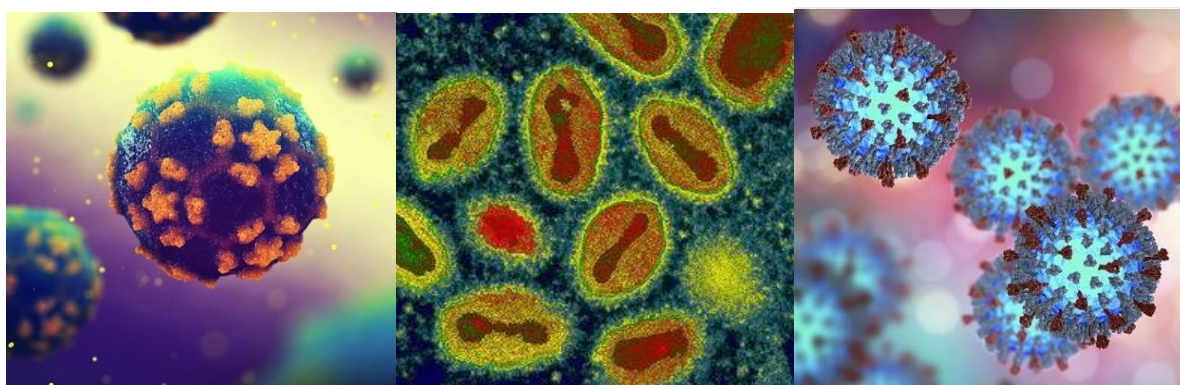
Kolektivní imunita je nepřímá ochrana před infekčními nemocemi, které je možné dosáhnout pomocí očkování nebo prodělání konkrétního onemocnění. Dojde ke snížení pravděpodobnosti přenosu patogenu v populaci a chráněni jsou poté i jedinci bez protilátek. Procentuální hodnoty nutné proočkovanosti populace jsou různé v závislosti na specifické nemoci – u spalniček je to 95 %, u dětské obrny stačí přibližně 80 %.¹²⁾



6. Proti jakým nemocem se v ČR povinně očkuje do 5 let věku včetně? [2 b]

tuberkulóza, záškrť (*difterie*), dávivý/černý kašel (*pertusse*), onemocnění vyvolaná původcem *Haemophilus influenzae b* (např. meningitida), dětská obrna (*poliomyelitida*), žloutenka typu B (*hepatitida B*), tetanus, spalničky (*morbilli*), zarděnky (*rubeola*) a příušnice (*parotitida*)¹⁴⁾

7. V průběhu úlohy jste doplňovali tři texty (A, B a C) týkající se tří různých onemocnění. Přiřaďte jednotlivé texty k obrázkům virů a pojmenujte správně viry a onemocnění, která způsobují. [2 b]



B (*Poliovirus*)

dětská obrna

A (*Variola major/minor*)

pravé neštovice

C (*Morbillivirus*)

spalničky

A co autismus? Dnes již „klasika“ v říši dezinformací. Neexistují vědecké důkazy o tom, že by vakcíny autismus způsobovaly. Tuto informaci je možné zpětně vysledovat až ke studii Andrewa Wakefielda a dvanácti spoluautorů publikované v roce 1998, která spojuje očkování MMR vakcínou (measles–mumps–rubella, spalničky–příušnice–zarděnky) s rozvojem autismu u dětí. Wakefield zároveň doporučil používání vakcín s jednotlivými antigeny místo využívání kombinované MMR vakcíny – tento postup podle něj pozorované problémy nezpůsobil. V této souvislosti je zajímavý jeho patent podaný na samostatnou vakcínu proti spalničkám z roku 1997...

Po mnoha nezávislých výzkumech a prošetření britskou lékařskou komorou byla studie označena za záměrně podvodnou. Většina spoluautorů odstoupila, studie byla stažena a Wakefieldovi byla odebrána lékařská licence. Najevo ale postupně vycházely další informace – například původní studie tvrdila, že u 6 ze 12 sledovaných dětí se začaly známky autismu projevovat několik dní po naočkování MMR vakcínou. Ze zdravotních záznamů bylo zjištěno, že popisované symptomy se u dětí nikdy neobjevily.

Ač se jednalo o jedinou studii, která byla nejen špatně navržena (velmi malý počet sledovaných subjektů, neexistence kontrolní skupiny atd.), ale poté i s autorem zdiskreditována, s jejími následky se potýká zdravotnictví dodnes.^{15) 16)}

Více pro zájemce zde:

THE LANCET

The Lancet, Volume 351, Issue 9103, Pages 637 - 641, 28 February 1998
doi:10.1016/S0140-6736(97)11096-0

This article was retracted

RETRACTED: Ileal-lymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children

Dr [AJ Wakefield](#) FRCS [✉](#), [SH Murch](#) MB [b](#), [A Anthony](#) MB [a](#), [J Linnell](#) PhD [a](#), [DM Casson](#) MRCP [b](#), [M Malik](#) MRCP [b](#), [M Berelowitz](#) FRCPsych [s](#), [AP Dhillon](#) MRCPath [a](#), [MA Thomson](#) FRCP [b](#), [P Harvey](#) FRCP [d](#), [A Valentine](#) FRCP [s](#), [SE Davies](#) MRCPath [a](#), [JA Walker-Smith](#) FRCP [a](#)

Summary

Background

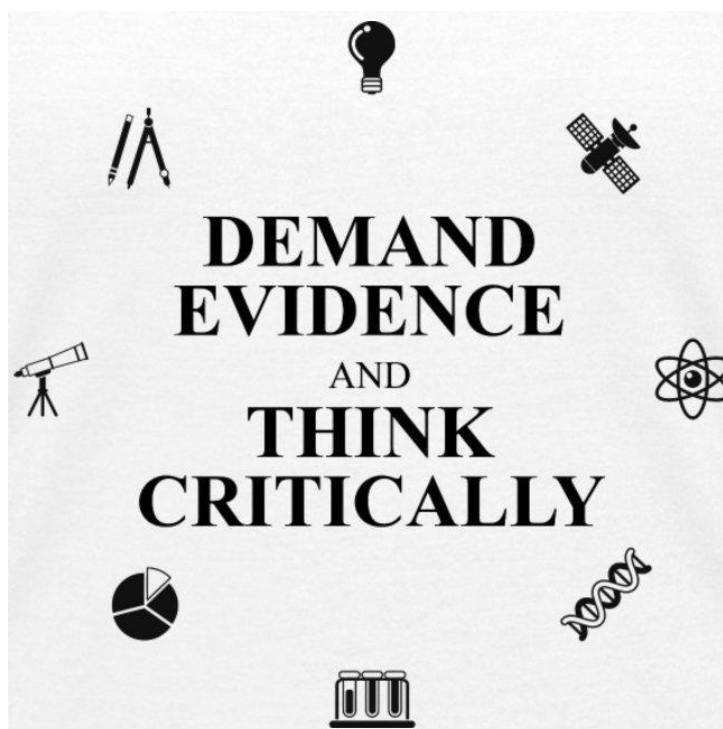
We investigated a consecutive series of children with chronic enterocolitis and regressive developmental disorder.

Methods

12 children (mean age 6 years [range 3–10], 11 boys) were referred to a paediatric gastroenterology unit with a history of normal development followed by loss of acquired skills, including language, together with diarrhoea and abdominal pain. Children underwent gastroenterological, neurological, and developmental assessment and review of developmental records. Ileocolonoscopy and biopsy sampling, magnetic-resonance imaging (MRI), electroencephalography (EEG), and lumbar puncture were done under sedation. Barium follow-through radiography was done where possible. Biochemical, haematological, and immunological profiles were examined.

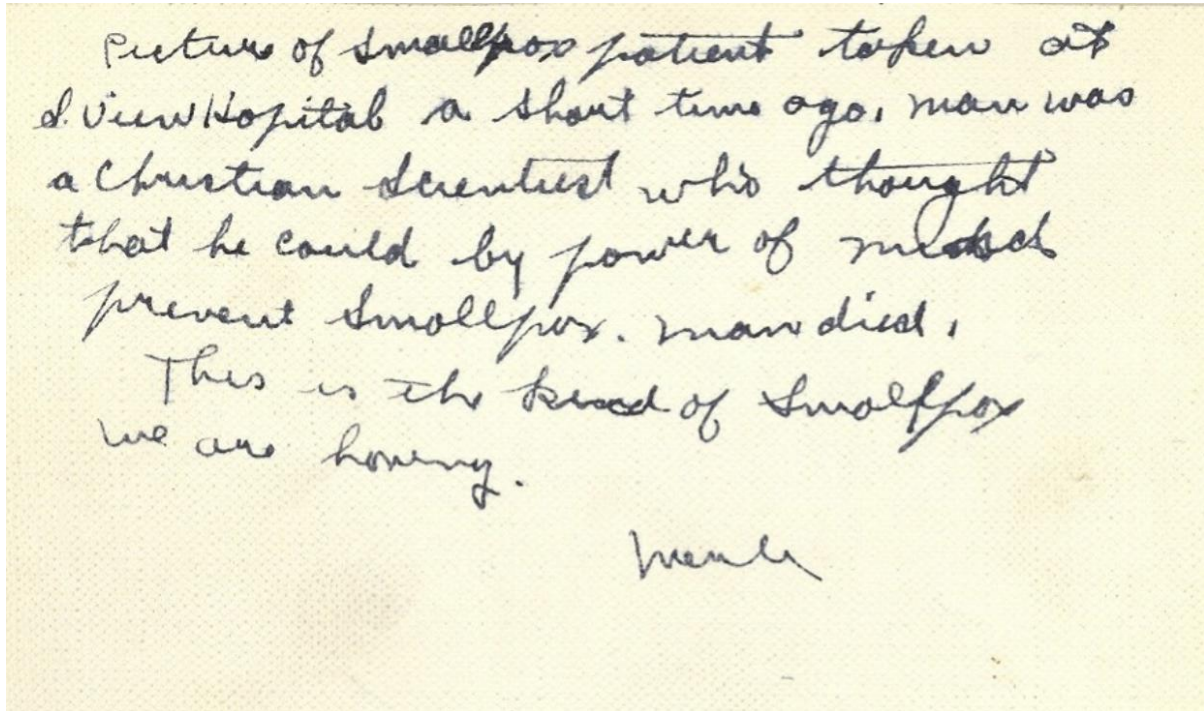
<https://www.historyofvaccines.org/content/articles/do-vaccines-cause-autism>

8. Pravděpodobně už jste slyšeli o domnělém spojování vakcín s rozvojem autismu u dětí. Jakou máte na tuto situaci názor? Dohledávali jste si v minulosti k této problematice nějaké další informace? Co jste se dozvěděli a vzpomenete si na zdroje těchto informací? [1 b]



Časová osa k prohlédnutí: <https://www.historyofvaccines.org/timeline/all>
(následující obrázky pochází právě z tohoto odkazu)

Poznámka od Dr. Merleho R. Frenche v době epidemie pravých neštovic v Milwaukee (1925):



"Picture of smallpox patient taken at S.view Hospital a short time ago. Man was a Christian scientist who thought that he could by power of mind prevent smallpox. Man died. This is the kind of smallpox we are having."

“Fotografie pacienta nakaženého pravými neštovicemi pořízená před chvílí v nemocnici S.view. Muž byl křesťanský vědec, který měl za to, že silou vůle zabrání nákaze. Muž zemřel. S takovým druhem neštovic máme co do činění.”

Fotky pro odvážné na odkazu zde: https://www.historyofvaccines.org/timeline#EVT_144

ANTERIOR POLIOMYELITIS!

INFANTILE PARALYSIS

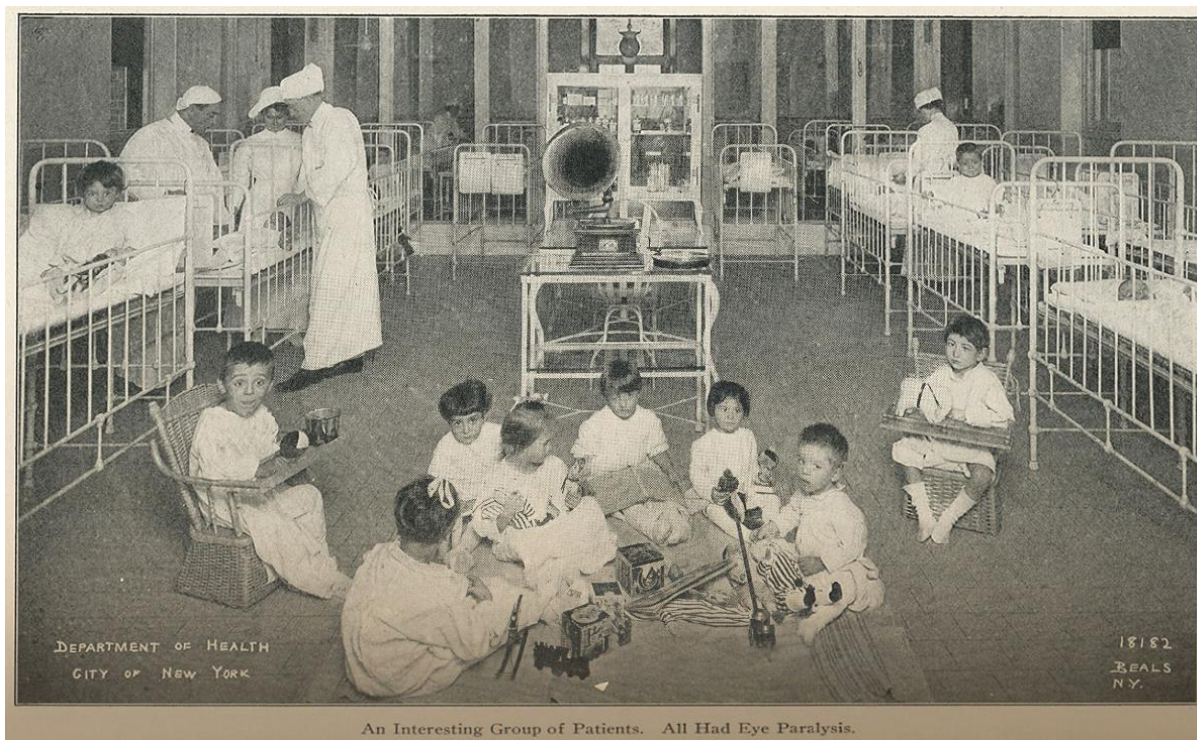
“Act of Assembly approved May 14, 1909, provides that anyone violating the provisions of this Act, upon conviction thereof may be sentenced to pay a fine of not less than \$10.00 or more than \$100.00, to be paid to the use of said county, or to be imprisoned in the county jail for a period of not less than ten days or more than thirty days, or both, at the discretion of the court.”

BY ORDER OF THE BOARD OF HEALTH.

Health Officer.

Address.

Vyhláška týkající se nedodržování opatření zavedených proti přenosu obrny při newyorské epidemii v roce 1916 pod pokutou 10–100 dolarů nebo uvěznění na 10–30 dní. Jen pro představu, dnešní pokuta by činila 240–2400 USD nebo 5200–52 000 CZK.¹⁷⁾





INFANTILE PARALYSIS IS DANGEROUS!



CLEAN UP AND KEEP CLEAN!

KEEP your children clean. Bathe them frequently. See that they keep their hands particularly clean. Be sure that each child has its own clean handkerchief.

Keep your house unusually clean. Don't allow a fly in it. Keep your garbage bucket clean and tightly covered.

Have a general house-cleaning. Throw away all useless knick-knacks and rubbish. Use soap and water generously, and let nature kill the germs with sunshine and fresh air.

Brožura pro rodiče týkající se prevence obrny, vydáno newyorským Oddělením ochrany zdraví (New York City Department of Health) v roce 1916.

Zdroje:

- 1) přednáška Výzkum na zvířatech a výzkum na lidském subjektu; prof. RNDr. Renata Veselská, Ph.D., M.Sc. (Ústav experimentální biologie, PŘF MUNI)
- 2) <https://www.who.int/news-room/facts-in-pictures/detail/immunization>
- 3) přednáška Demografický a epidemiologický přechod; Mgr. Hynek Pikhart, Ph.D., M.Sc. (vedoucí pracoviště Environmentální epidemiologie ERA Chair – Environmentální zdraví, RECETOX PŘF MUNI)
- 4) <https://archive.is/20120529141333/www.who.int/mediacentre/factsheets/smallpox/en/>
- 5) prezentace Eradikační a eliminační programy v oblasti infekčních nemocí; MUDr. Petra Karešová, MUDr. Miroslava Zavřelová (ÚOPZ, LF MUNI)
- 6) <https://www.who.int/westernpacific/news/q-a-detail/poliomyelitis>
- 7) <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/poliomyelitis>
- 8) <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/medicine/iron-lung>
- 9) <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2006/01/09.pdf>
- 10) <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/measles>
- 11) <https://www.who.int/news/item/12-11-2020-worldwide-measles-deaths-climb-50-from-2016-to-2019-claiming-over-207-500-lives-in-2019>
- 12) <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/herd-immunity-lockdowns-and-covid-19>
- 13) <https://www.vaccinestoday.eu/stories/france-measles-outbreak-babies-hit-hardest/>
- 14) http://www.olecich.cz/modules/vaccine/vaccine.php?tab=def_age&category=first_year
- 15) <https://www.historyofvaccines.org/content/articles/do-vaccines-cause-autism>
- 16) <https://www.mzcr.cz/myty-a-fakta-o-ockovani/>
- 17) <https://www.officialdata.org/us/inflation/1916?amount=100>
- 18) https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization#tab=tab_1

Vít Procházka (e-mail: wydeg@email.cz)

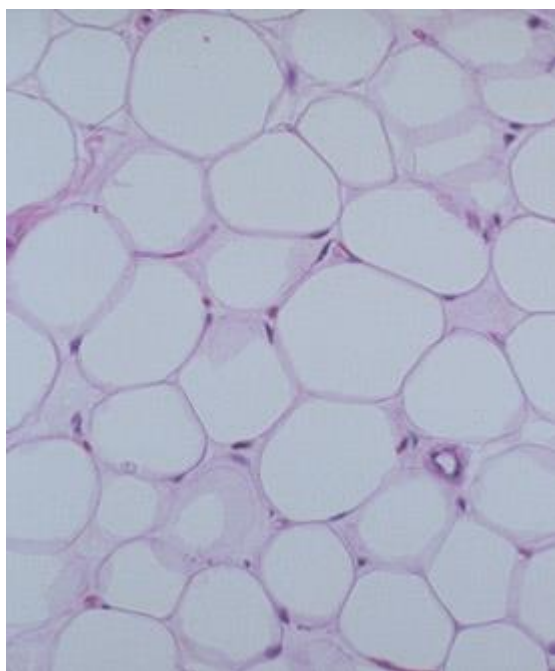
2. Antistresové omalovánky života

20 bodů

V první sadě jste měli možnost seznámit se s tvorbou histologických preparátů. Na tuto úlohu nyní navážeme – tentokrát se v oné růzovofialové změti pokusíme rozlišit jednotlivé tkáně a orgány a dozvědět se o nich něco dalšího. Nutno upozornit, že histologické preparáty se nejlépe pozorují, když se na ně díváte přímo v mikroskopu (budete-li někdy mít možnost takové praktikum absolvovat, doporučuji). Na fotografiích by ale to nejdůležitější mělo být patrné.

Rozlišujeme čtyři základní typy živočišné tkáně: pojivo, epitel, svalovou a nervovou tkáň.

Pojiva jsou typická přítomností významného množství mezibuněčné hmoty, která má amorfni a vláknitou složku a je produkována fixními buňkami. Kromě nich jsou přítomny tzv. volné buňky, které do pojiva přicestují odjinud, typicky se jedná o různé leukocyty (bílé krvinky – součást imunitního systému). Pojiva se dělí na výplňová (neboli vaziva, zejména řídké vláknité pojivo – ŘVP – a husté vláknité pojivo – HVP), oporná (chrupavky a kosti) a trofická (tělní tekutiny).



1. I přes mizivé množství mezibuněčné hmoty se tkáň na obrázku výše také řadí k pojivům. Co je na obrázku? Povšimněte si, že při barvení hematoxylinem a eosinem zůstává značná část buněk bezbarvá. [1 b]

bílá tuková tkáň, složená z adipocytů

Fixní buňky vaziva se nazývají fibrocyty a fibroblasty, v chrupavce to jsou chondrocyty, chondroblasty a chondroklasty, v kosti jsou analogické tři typy buněk s názvem začínajícím „osteo-“.

2. Popište na příkladu kostní tkáně u každého ze tří typů buněk, jak vzniká a k čemu slouží. [1,5 b]

osteoblast: z mezenchymální kmenové buňky, tvorba mezibuněčné hmoty (zejména vláknité)

osteocyt: z osteoblastu po obklopení mezibuněčnou hmotou, v menší míře se stále podílí na tvorbě mezibuněčné hmoty a regulaci hladiny vápníku v krvi jeho uvolňováním či naopak zabudováváním

osteoklast: z monocytu (což je leukocyt), narušování a remodelace mezibuněčné hmoty

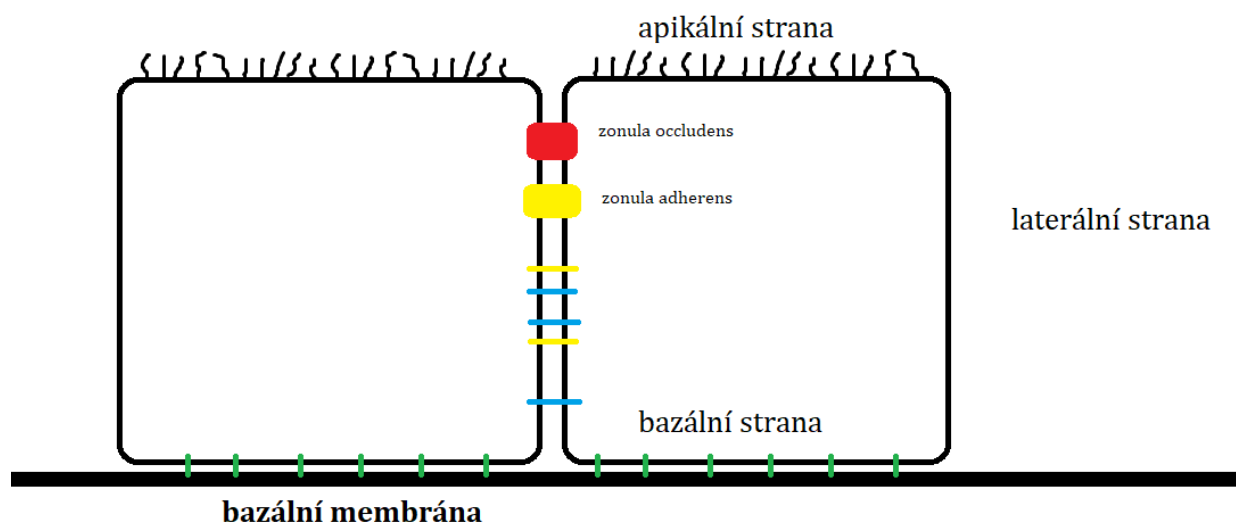
Mezibuněčná hmota vláknitá je tvořena především různými typy kolagenních vláken, dále se vyčleňují vlákna elastická a retikulární (retikulární jsou složena z jiného typu kolagenu). Amorfní složka obsahuje proteoglykany, glykoproteiny a kyselinu hyaluronovou. Tyto látky se na sebe různě vážou, větví se (někdy se to přirovnává ke štětce na nádobí), vážou na sebe vodu a interagují s vláknitou mezibuněčnou hmotou i s buňkami.

Epitely typicky kryjí povrch orgánů, ať už vnitřní nebo vnější – namátkou jmenuji pokožku, výstelku trávicí či vylučovací trubice. Proto jsou obvykle špatně propustné. Dále mohou mít i funkci sekreční – produkovat a uvolňovat nějakou látku, takové buňky se mohou, ale nemusí shlukovat do žláz. V neposlední řadě mohou epitely zajišťovat vstřebávání, i zde se ovšem hodí snížená celková propustnost – lze pak lépe regulovat, které látky budou procházet. Podle struktury je lze rozdělit do mnoha kategorií, které si zmíníme později.

3. Většina úlohy se věnuje tzv. plošnému epitelu. Máme ale i další varianty, které mohou tvořit i trojrozměrné orgány. Jmenujte alespoň dva takové orgány, jež jsou epiteliálního původu. [1 b]

játra, adenohipofýza, kůra nadledvin aj. endokrinní žlázy (trámčitý epitel), brzlík, základ zubní skloviny (retikulární epitel)

Snížená propustnost epitelů je zajištěna mnoha mezibuněčnými spoji, viz obrázek níže:



První dvě mezibuněčná spojení, zonula occludens a zonula adherens, jsou pásová – tvoří jednolitý pás okolo celé buňky. Červeně je vyznačeno těsné spojení (tight junction), žluté desmosomy, modře nexus (gap junction), zeleně hemidesmosom. Pod pásovým desmosomem (zonula adherens) jsou rozesety bodové desmosomy (maculae adherentes) a nexy.

Bazální strana nejspodnější vrstvy každého epitelu přiléhá k bazální membráně; ve skutečnosti je laterální i bazální strana často zvlněna pro pevnější spojení a větší plochu k transportu látek. Bazální membrána sestává z bazální laminy, ke které je epitel upevněn, a retikulární vrstvy, jež je produktem vaziva pod epitelem; ve světelném mikroskopu nelze tyto vrstvy rozlišit.

Těsná spojení zajišťují nepropustnost epitelu, případný transport tedy často musí probíhat skrz buňky. Desmosomy slouží k adhezi buněk k sobě. Hemidesmosomy jsou jim morfologicky podobné, nespojují však dvě buňky, ale buňku s mezibuněčnou hmotou (bazální laminou). Nexy umožňují průchod látek z jedné buňky do druhé. V neposlední řadě se do některých uvedených spojení upínají různá vlákna cytoskeletu.

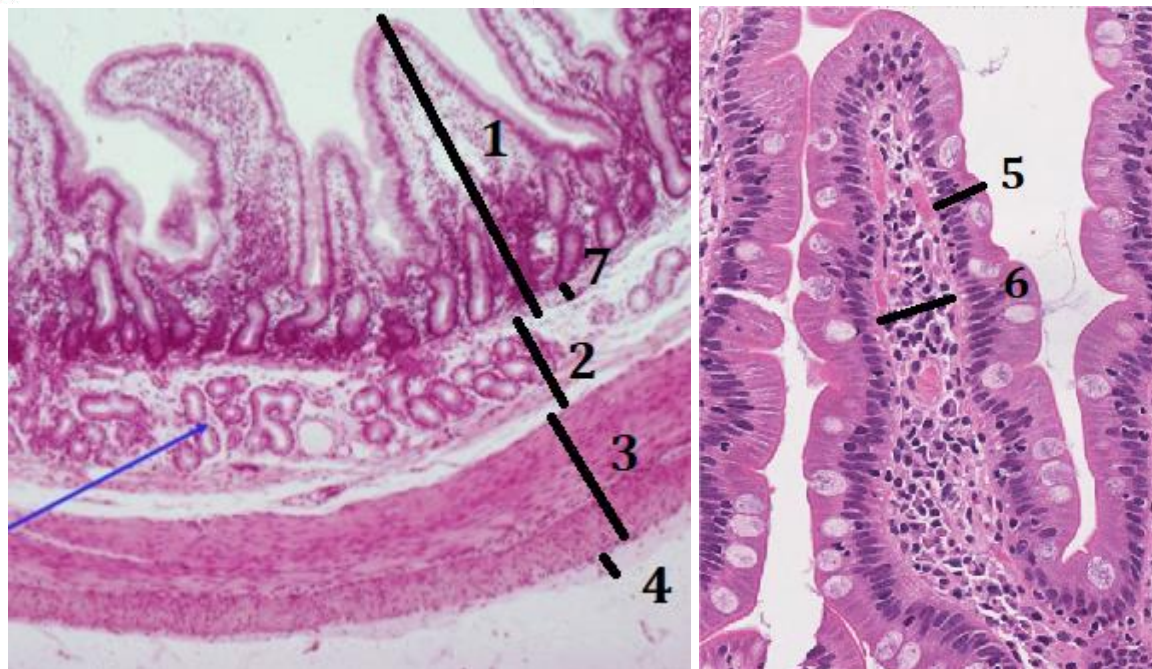
4. Které z následujících částic projdou skrze otevřenou gap junction? [2 b]

virion rodu *Rhinovirus*, ATP, sodný kation, vápenatý kation, p53, cystein, glukosa, mitochondrie

ATP, oba kationty, cystein, glukosa

Apikální strana může být v závislosti na funkci epitelu různě modifikována, jak je na schématu naznačeno. Mezi tyto modifikace patří mikroklyky, stereocilie a kinocilie. Všechny jsou obaleny cytoplasmatickou membránou. Liší se typem cytoskeletu: mikroklyky a stereocilie obsahují aktin, kinocilie mikrotubuly (1 pár uprostřed + 9 párů kolem něj). Další rozdíl je v délce: mikroklyky měří 0,5-1 nm, stereocilie 7 nm a kinocilie 10 nm. Mikroklyky jsou obaleny glykokalyx. Kinocilie jsou jako jediné pohyblivé.

Svalové a nervové tkáni se zde budeme věnovat méně – postačí, když si zopakujete tři základní typy svalové tkáně. Nyní už si můžeme detailněji prozkoumat fotografie histologických preparátů jednoho orgánu.



5. O jaký orgán se jedná? O kterou jeho část? (Pro druhou část otázky vám napoví útvary vyznačené modrou šipkou.) [4 b]

tenké střevo, dvanáctník (intestinum tenue, duodenum)

6. K čemu slouží útvary vyznačené modrou šipkou? [1 b]

Jde o Brunnerovy žlázy, produkující střevní šťávu, jež neutralizuje kyselé žaludeční šťávy a obsahuje trávicí enzymy: amylázu (trávení škrobu), lipázu (trávení tuků) a erepsin (trávení proteinů).

7. Jak se souhrnně nazývá vrstva 1? [1 b]

sliznice (tunica mucosa)

8. Ke každému číslu uveďte, jaký/jaké z typů tkáně daná vrstva obsahuje. Netýká se vrstvy 1, stačí popsat její části – 5, 6, 7. Můžete vybírat z nabídky níže, ne všechny pojmy ale využijete, některé jsou naopak zastoupeny ve více vrstvách. [4,5 b]

epitel (uveďte, zda je dlaždicový, kubický či cylindrický, zda je jednovrstvý, víceřadý či vícevrstvý; dále může být žláznový – u něj tvar nepožadují); řídké vláknité pojivo, husté vláknité pojivo uspořádané, chrupavka elastická, chrupavka hyalinní; svalovina kosterní, svalovina srdeční, svalovina hladká

2: žláznový epitel, ŘVP

3: hladká svalovina

4: ŘVP, jednovrstevný dlaždicový epitel (mezotel)

5: jednovrstevný cylindrický epitel, žláznový epitel

6: ŘVP

7: hladká svalovina

9. Struktura vyobrazená detailněji na pravém obrázku má za úkol zvětšit povrch pozorovaného orgánu. Pojmenujte ji a uveďte dvě další struktury, které zde mají stejnou funkci. [1,5 b]

klk; Lieberkühnova krypta, mikroklk

10. Můžete si povšimnout, že vrstva 3 se skládá ze dvou dílčích vrstev. Pojmenujte je a popište, čím se od sebe tyto vrstvy liší. [1 b]

orientací – cirkulární (vnitřní) a podélná (vnější)

11. Ve vrstvě 5 můžete vidět, že některé z buněk na povrchu jsou světlejší. Jak se tyto buňky nazývají a k čemu slouží? [1,5 b]

pohárkové; sekrece mucinu (hlenu)

To je protentokrát z histologie vše. Mohli bychom samozřejmě detailněji probrat i histologickou stavbu dalších orgánů a orgánových soustav nebo jejich vznik v embryonálním vývoji – třeba se tomu budeme společně věnovat někdy příště nebo se s tím setkáte na jiných akcích. A mezitím si můžete užívat i jiné barvy než hematoxylinovou fialovou a eosinovou růžovou :)

Monika Kuncová (kuncovamoni@seznam.cz)

3. Návštěva z minulosti

20 bodů

Jaké by to bylo, kdybychom se mohli podívat na přírodu dávných časů? Dotknout se rostlin, které sloužily jako potrava dinosaurů, či zahlédnout tvora stejně starého? Netřeba zklamaně vzdychat či toužebně koukat na Jurský park, ta možnost tu je!

1. Definujte pojem živoucí fosilie. Podle popisu dohledejte níže zmíněné příklady a uveďte jejich české i latinské názvy. Dále napište alespoň 4 další příklady živoucích fosilií nevyskytujících se v této úloze a v pár větách shrňte, čím jsou zajímavé. [4 b]

Současně žijící druh (může být i rod) s řadou prehistorických rysů pocházející z původně velké skupiny, který z ní ale přežil jako jediný.

Dvoudomý opadavý strom z prvohor, jehož plody se využívají v tradiční japonské kuchyni k výrobě dezertů či slaných pochutin. Nápověda pro čtenáře: motiv „listu“ (jehlice) tohoto stromu se objevil např. v básni od známého německého básníka a prozaika, který mimo jiné napsal baladu Král duchů, nebo jako odznak příslušnosti jedné stínadelské skupinky Vontů.

jinan dvoulaločný (*Ginkgo biloba*)

V mangrovových porostech žijící pták s kobaltově modrou tváří, jenž je specializován k životu na stromech. Kvůli typu potravy, kterou se živí, se mu přezdívá smradlavý pták.

hoacin chocholatý (*Opisthocomus hoazin*)

Kriticky ohrožený druh starobylého jehličnanu, který se díky soukromé firmě, jež dostala práva na rozmnožování této dřeviny, dostal až do liberecké botanické zahrady. Rodové jméno tento strom dostal po národním parku, kde byl objeven, druhové jméno je slovní hříčkou příjmení jeho objevitele.

wolemie vznešená (*Wollemia nobilis*)

Další příklady posuzovány individuálně, možné varianty: ostorep, blahočety, okapi, cykasy, loděnka, listonoh, metasekvoje čínská, latimérie podivná, welwitschie podivná, arapaima velká atd.

Jak je to ale možné? Jak to, že můžeme vidět takto staré organismy mnohdy v nezměněné podobě? To je mi opravdu záhada...

2. Napište alespoň 4 důvody, proč se daným živočichům/roślinám podařilo přežít dodnes. [2 b]

Důvodů je spousta (posuzuji individuálně), možné jsou například kombinace níže vypsanych příkladů.

1. dobrá adaptace na změny, schopnost přežít v různých prostředích
2. vyhnutí či absence přirozených predátorů, konkurentů/vytlačujících druhů a parazitů
3. široký areál rozšíření (kosmopolita)
4. efektivní množení se
5. vyvinutí strategie pro přežití nepřízně podmínek (např. hibernace, estivace)
6. prvek náhody

Již z první otázky je více než patrné, že podobných zajímavých tvorů je spousta. Ráda bych vám představila moje dva nejoblíbenější. Ale aby to nebyl suchý popis, co takhle zkusit poznat prvního živočicha hrou?

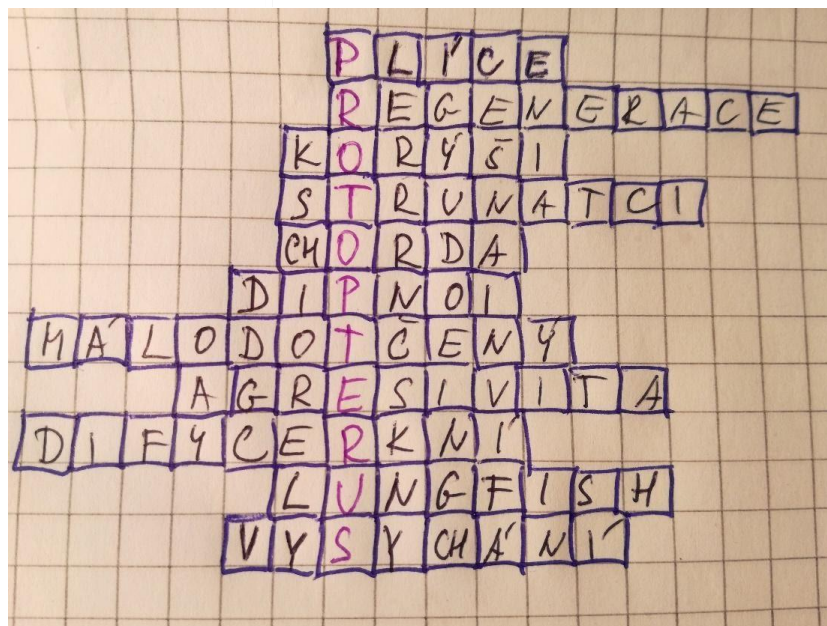
3. Vytvořte a vyplňte křížovku, jejíž tajenkou bude vědecké jméno rodu rybí masožravé živočící fosilie pocházející z Afriky, která dokáže žít mimo vodu. Veškeré otázky křížovky by se měly týkat těchto zajímavých tvorů. Pro sjednocení si zavedme pravidlo, že v případě víceslovných odpovědí se mezera nebude počítat jako samostatné políčko a písmeno CH se bude psát do jedné kolonky. Nezapomeňte, že pro získání bodů je potřeba uvést kromě jednotlivých otázek a odpovědí také výslednou tajenku. [6 b]

Posuzováno individuálně.

Možná odpověď:

Tajenka: *Protopterus*

1. dýchací orgán bahníků
2. schopnost obnovy ocasní části (odborný pojem obnovení)
3. potrava bahníků, která prochází procesem ekdyze
4. kmen, do kterého bahníci patří.
5. společný znak tohoto kmene
6. vědecké jméno nadřádu (podtřídy), do kterého patří bahníci
7. ohrožení bahníka podle IUCN
8. povahová vlastnost predátorů
9. souměrnost ocasní ploutve bahníků
10. anglické jméno bahníka
11. přírodní jev, kvůli kterému si bahníci hloubí komůrky v bahně



Pokud se vám podařilo odhalit živoucí fosilii z předchozí úlohy, tohle už bude brnkačka.

4. Jakým způsobem se tvor patřící do rodu z tajenky adaptoval na přežití mimo vodu? Proč z vody vůbec vylézá? Jaká stanoviště obvykle obývá? Čím se živí? Podrobně vysvětlete. [2 b]

Bahníci jsou masožraví obyvatelé tůní či záplavových oblastí. Živí se měkkýši, korýši apod., v potravě nejsou moc vybíraví. Začne-li se snižovat hladina tůně, zahrabává se bahník do bahna. Vykope si chodbičku, na jejímž konci je větší doupeň. V doupešti se stočí do klubíčka tak, že strčí ústa do ústí chodby, která vede na dno tůně, a otvor chodbičky ucpe slizovým víčkem. Pokud tůň vyschne, může bahník dál dýchat vzdušný kyslík. Ve svém kokonu se bahník obalí slizem a začne ztrácet na tělesné váze (tráví svůj tuk a svalovinu). Takto přečkává, dokud opět nezaprší a hladina tůně se nezvedne. Bahník patří mezi násadoploutvé, jelikož jeho ploutve mají svalnatý násadec. Díky nim (zejména prsním ploutvím) je schopný se vyhrabat z bahna a přelézt při vysychání z jedné tůňky do druhé, aby si obstaral potravu.

Podařilo se vám už někdy podobné poklady zahlédnout? Nebojte se podělit o své zážitky :)

5. Se kterými živoucími fosiliemi se můžeme setkat v České republice? Jmenujte alespoň jednu rostlinu a jednoho živočicha a místo, kde jste je viděli či je můžete vidět. [1 b]

Posuzováno individuálně.

Kdybych řešila úlohu jako řešitel, vybrala bych si nejbližší exempláře. Z živočišné říše by to byl již párkrát zmiňovaný bahník, kterého máme na PŘF MUNI a vídám ho kdykoliv, když si jdu pro něco do skříňky, z rostlinné říše by to byl jinan dvoulaločný, který mívám při cestě na autobus (roste nám cca 100 m od domu).

Dalšími příklady můžou být *Wollemia nobilis* z vyškovského dinoparku, okapi ze Dvora Králové, varan komodský ze zoo Plzeň, cykasy z Liberce, listonoh letní z Benátek nad Jizerou atd. V ČR najdeme spoustu živoucích fosílií, většinou se ale nejedná o původní druhy.

A dostáváme se ke druhému, neméně zajímavému tvorovi. Tentokrát se ale zaměříme na vybrané zajímavosti, byť to není to jediné, co může tento druh nabídnout.

6. Jakým způsobem ovlivňuje okolní teplota život hatérie novozélandské? Berte v úvahu všechny oblasti jejího života. Při jaké minimální teplotě zvládne ještě fungovat? Mohla by na ni mít nějaký vliv změna klimatu? Pokud ano, jaký? [3 b]

Teplota hraje velkou roli ve vývoji pohlaví mlád'at. Pokud je okolní teplota vajíček menší než 22 °C, narodí se samičky, je-li teplota naopak vyšší, bude snůška plná samců. Kdyby se výrazně oteplila planeta, ubylo by samic a postupně by tento druh mířil k vyhynutí. Hatérie je jedinečná v tom, že dokáže odolat teplotám okolo 5 °C, což je nejnižší zaznamenaná teplota u plazů. Další věcí, kterou u hatérie ovlivňuje teplota, je metabolismus. V chladu může se zpomalit do takové míry, že si vystačí s pouze jedním nádechem za hodinu. Což samozřejmě ovlivní její pohyb, který se výrazně zpomalí až ustrne. Na druhou stranu, vyšší teploty (nad 28 °C) jsou pro ni smrtelné.

A na závěr nelehká otázka pro zvědavé :)

7. Vědecká komunita si dodnes není jistá, k čemu hatérii slouží v dospělosti parietální oko. Zkuste navrhnout a podložit argumenty možné vysvětlení. Nebojte se zapojit fantazii, ale ať je to smysluplné 😊 [2 b]

Existuje celá řada možností:

1. Může sloužit k termoregulaci. Parietální oko je světločivný orgán, vnímá intenzitu světla. Může proto haterii upozornit, kdy je málo/hodně světla, a haterie se tomu může patřičně přizpůsobit. Intenzita světla také hraje roli při cirkadiánních rytmech, přesněji při vyplavování serotoninu a melatoninu. Může tak být pro haterii senzorem upozorňující na to, zda je noc či den a jak může či nemůže být aktivní. U organismů s běžným cirkadiánním cyklem takto funguje sítnice, která dále posílá signály do suprachiasmatických jader v mozku, která poté řídí celý cirkadiánní cyklus.
2. Je možné, že absorbuje UV záření a používá jej k výrobě vitamínu D. Možná ale světlo naopak odráží díky pigmentovým buňkám a tím haterii chrání před přímým světlem. Při pokusech byla zkoušena reakce haterie na vystavení parietálního oka nejrůznějšími vlnovými délkami, k žádné odezvě však nedošlo.
3. Může se podílet na řízení reprodukčních cyklů, jelikož vzniká z epifyzy.

4. V mládí může sloužit jako další zdroj informací - např. jako ochrana před nepřáteli. Je ale poměrně energeticky náročné, proto je možné, že ho již “zkušené” dospělé haterie nepotřebují. Další možné vysvětlení by mohlo být, že se jedná o rudiment.

Těším se na vaše nápady :)

**František Váňa (e-mail: vana.frantik@seznam.cz)
ve spolupráci s MVDr. Oldřichem Tomáškem Ph.D.**

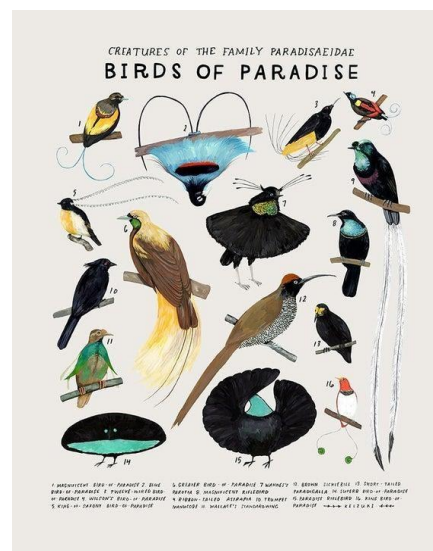
Oldřich Tomášek vystudoval veterinární lékařství na Veterinární a farmaceutické univerzitě v Brně a doktorské studium zoologie na Univerzitě Karlově. V současné době pracuje na Ústavu biologie obratlovců Akademie věd ČR, kde se zabývá fyziologií stárnutí a pohlavního výběru a evolučními a fyziologickými mechanismy souvisejícími s evolucí životních strategií a s životem v různých typech prostředí. Tyto mechanismy studuje především u ptáků.



4. Móda, hry a námluvy

20 bodů

Příroda je plná fascinujících úkazů od nenápadných maskovacích zbarvení a struktur strašilek po parádívá pera pávů. U strašilek je na první pohled (resp. na n-tý pohled, po kterém se vám je podaří najít :D) jasné, že tyto adaptace propůjčují svému nositeli velkou výhodu a významně zvyšují jeho šance na přežití. Jak se však mohla uchytit výrazně zbarvená ozdobná pera pávů, díky které jej například při procházce zámeckým parkem spatříte již z velké dálky? A co teprve náročné *pas de deux* pipulek dlouhoocasých nebo lek tetřívků křovinných? V následující úloze se společně ponoříme do několika evolučních teorií, které se snaží tuto problematiku vysvětlit.



S vynikajícím postřehem o despotické módě přišel britský statistik, eugenik a genetik sir Ronald Fisher, který mimo jiné významně přispěl k základům moderní vědecké statistiky a o jehož odkaze budeme pojednávat dále.

1. **Důležitým předpokladem všech teorií popisujících tuto despotickou módu je vybíravost jednoho pohlaví. Uveďte, o jaké pohlaví jde nejčastěji a jaké skutečnosti k vybíravosti vedou. Toto pohlaví můžete též doplnit do vynechaného textu v následujícím odstavci. [1 b]**

Nejčastěji jde o samičky, nemusí tomu tak však být vždy, jak vidíme například u některých polyandrických druhů. Obecně jde však o to pohlaví, které musí do potomků více investovat a nemá významný benefit z kopulace s vícero jedinci jiného pohlaví. Může jít například o investici energie, živin a času do vývoje zárodku, sezení na vejcích, rodičovskou péči či fyziologické limity omezující možný počet zplozených potomků.

Válka růží na poli evoluční biologie.... [derry down, hej down-a-down](#)

Tak jako Velkou Británií otřásla válka růží, tak v důsledků důkazu potvrzujících samičí výběr zažila podobný rozkol v 70. letech minulého století komunita evolučních biologů a ten je rozdělil na dva tábory, tzv. fisherovce (někdy též zastánce dobrého vkusu či teorie sexy synů)

a stoupence dobrých genů. Tady však nevedl k vyčerpání země, ale naopak v honbě za potvrzením vlastních domněnek bylo provedeno velké množství experimentů, které přinesly mnoho nových poznatků.

2. Vysvětlete teorie evoluce okrasných ornamentů dle Fisherova modelu (Fisherian runaway) a dle dobrých genů (good genes). Uveďte, co to je Fisherův runaway proces. [2,5 b]

Dle Fisherova modelu se dědí v populaci jak geny pro atraktivní znaky (většinou u samců), tak geny pro preferenci pro tyto ozdoby (většinou u samic). Samičky si dle této teorie vybírají atraktivní samce a jejich potomci budou mít tudíž geny jak pro atraktivní znak, tak pro jeho preferenci. V průběhu evoluce se geny pro atraktivitu i její preferenci dostanou do genetické vazby a budou se dědit s větší pravděpodobností společně. Je tak zřejmé, že s časem bude daná ozdoba více a více zastoupená v populaci a výhodu budou mít ti samci, kteří ji budou mít nejvýraznější a nejextravantnější. Ozdoba se tak bude touto pozitivní zpětnou vazbou stále zvětšovat a zintenzivňovat až do té míry, kdy snížená životaschopnost samců vyrovná reprodukční výhody plynoucí z jejich atraktivitu.

Dobré geny naopak předpokládají, že krása jedince odráží jeho zdraví, a tedy i kvalitu jeho genetické výbavy. Samice si dle této teorie vybírají samce ne pro přitažlivost jako takovou, ale proto, že jejich potomci ponесou dobrou genetickou výbavu a budou v lepší kondici.

Handicap na odív

Nejprve si představme jednoho z nejhýřivějších zástupců rajkovitých, rajku páskovanou (*Pteridophora alberti*), které nad očima vyrůstají okrasná pera, jež někdy dosahují i několiknásobné délky jejího těla a jsou tvořena řadou zářivě modrých praporečkových čtverečků. Na následujícím videu se můžete těmito ozdobami pokochat:

<https://www.youtube.com/watch?v=MdNyeasi0GI>

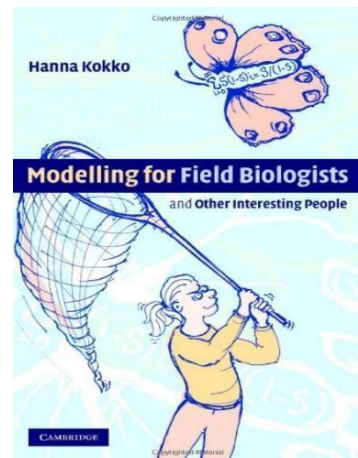
3. Vysvětlete Zahaviho handicap. Souvisí tento princip spíše s Fisherovým modelem, nebo s teorií dobrých genů? [1,5 b]

Jak jsme si již zmínili, ozdoby mohou svým nositelům ztrpčovat život a samci rajky dlouhoperé jsou toho zářným příkladem. Jejich dlouhá okrasná pera je nejen činí nápadnějšími, ale zároveň jim ztěžují schopnost letu, což je v ptačím životě významný handicap. Zahaviho hypotéza nám říká, že tato okrasa se mohla uchytit právě díky tomu, že jedinec, který se s takovým handicapem dožil reprodukčního věku, tímto prokazuje své kvality, jelikož musí být velmi schopný a ve velmi dobré kondici. Je vám tedy nejspíše již zřejmé, že tento princip souvisí spíše s hypotézou dobrých genů.

Mírová dohoda na obzoru

Ač se na první pohled nejspíše zdá, že snahy v oblasti evoluční biologie ozdob povedou k rozřešení, který pohled je ten správnější, část odborné komunity se nyní kloní k představě, že Fisherova runaway a dobré geny mohou dohromady tvořit kontinuum. Tuto představu společně s dalšími matematicky vyjádřila a zpopularizovala Hanna Kokko.

4. Uved'te, co jsou to nepřímé benefity z hlediska pohlavního výběru a jak se můžeme při pohledu na ně pokusit tyto dvě teorie propojit. [2 b]



Nepřímé benefity jsou benefity, které samička nezíská přímo pro sebe, ale poskytují genetickou výhodu jejím potomkům. Za nepřímé benefity považujeme geny zajišťující mláďatům dobrou životaschopnost či predispozice pro úspěch v pohlavním výběru. Někdy může být výhodnější mít potomky, kteří jsou vysoce atraktivní (a tudíž úspěšní v pohlavním výběru) i přes to, že znak do určité míry snižuje jejich životaschopnost (Fisherian runaway). Jindy může být naopak výhodnější mít potomky, kteří jsou atraktivní možná o něco méně, ale u nichž atraktivní znak životaschopnost výrazně nesnižuje, ale naopak s ní koreluje pozitivně, protože kvalitní jedinec si může dovolit výraznější znak, aniž by jeho životaschopnost utrpěla (dobré geny). Rozhodujícím faktorem, který určuje, jaký z procesů bude v daných podmínkách výhodnější, je pravděpodobně nákladnost samičího výběru – pokud se samice mohou výběru věnovat intenzivně a příliš tím netratí, jsou samci podrobení silnému pohlavnímu výběru a převáží výhody atraktivity nad sníženou životaschopností (Fisherův runaway proces).

Je to pravda odvěká, šaty dělají člověka

Na první pohled na naši despoticou módu se může zdát, že sameček přijímá evoluční osud svých ozdob a je pouze vybíravostí samiček veden k vývoji struktur, které odpovídají nejvíce jejich preferenci. To však nemusí být pravda. Sameček se snaží jako správný obchodník své zboží, tedy geny, prodat, a jak tomu bývá, může hrát i nepoctivou hru. Samička potřebuje vědět o potenciálním otci svých mláďat pravdu a ten se naopak snaží lhát. Samec tedy pro svůj úspěch může zesilovat a přibarvovat k lepšímu signály, které k samičce vysílá, a tak zvyšovat svůj domnělý status.

Kur bankivský (*Gallus gallus*) z lesů jihovýchodní Asie je podobně jako jeho domestikovaný příbuzný vyparáděný řadou okrasných ornamentů, které slepičky tohoto druhu nevlastní. My se zaměříme blíže na rudě zbarvený hřebínek, který vypovídá zřejmě více o celkovém zdraví samce než jeho okrasné peří. Tato masitá struktura zaujme rudou barvou, kterou jí propůjčují karotenoidy. Bylo zjištěno, že pokud dáme slepičkám na výběr mezi nemocným samečkem, jehož hřebínek má pobledlou barvu, a samečkem s jasně červeným hřebínkem, vyberou si toho s jasnějším zbarvením.

5. Tyto struktury jsou nejspíše nefalšovanou ozdobou, díky čemuž slouží samičkám jako dobrý ukazatel kvalit nápadníka. Krom karotenoidů však k intenzitě zbarvení přispívá i testosteron. Vysvětlete, co to je imunokompetentní handicap (immunocompetence handicap) testosteronu a jak v tomto případě slouží jako pojistka proti podvádění krásou, která by neodpovídala celkovému zdraví kohouta. [1,5 b]

Imunokompetenční handicap je důsledkem imunosupresivních účinků testosteronu, jedinec s vyššími hladinami bude mít v tomto případě spíše jasnější zbarvení hřebínku, avšak bude zároveň náchylnější k onemocněním. V jistém smyslu tak jde o čestný signál, jelikož kohoutek, který má barevný hřebínek, by měl být i v lepší kondici, aby odolal patogenům i přes imunosupresivní účinky testosteronu. Podvádění není dle této hypotézy možné, protože vysoké koncentrace testosteronu by u slabších jedinců vedly k častějším a vleklým onemocněním s vyšší pravděpodobností úhynu.

Strnavec černohrdlý (*Zonotrichia querula*) je drobný pták žijící v severní Americe, který se už podle jména honosí černým hrdlem u samčích jedinců. Bylo vyzorováno, že samci s tmavším hrdlem bývají dominantnější a mají vyšší reprodukční úspěch.

6. Uvedený fenomén byl blíže studován, přičemž bylo některým samečkům tohoto druhu strnadce buď nabarveno hrdlo na černo, nebo podán testosteron nebo obojí. Uved'te, v jakých případech to vedlo ke zvýšení statusu jedince. [1,5 b]

podán testosteron	nabarveno hrdlo	zvýšení statusu
ano	ne	ne
ne	ano	ne
ano	ano	ano

Tahle práce nám krásně demonstruje, že, minimálně v ptačím světě, nepostačí ke zvýšení statusu se chovat dominantně, ale pokud společenstvo kolem daného jedince nepřijímá signál o tom, že by mělo daného jedince brát s respektem, tak ho tak brát nebude a daný jedinec pro svou bojovnost nic nezíská a bude se vyčerpávat či si odnášet řadu zranění z neustálého bojování.

U pávů a dále například u tetřívků křovinných (*Centrocercus urophasianus*), na kterých byla mimo jiné v tomto směru provedena řada studií, pozorujeme charakteristický námluvní rituál, tzv. lek, který se stal jak modelovou situací, tak i kamenem úrazu některých evolučních teorií vývoje ornamentiky (tzv. paradox leku).

7. Vysvětlete, co to je lek a paradox leku. Jaké vysvětlení nám může podat teorie červené královny na tento paradox? [2 b]

Lek je hromadný akt pohlavního výběru charakteristický pro některé ptáky. Jde o shluk samců na jedné lokalitě, přičemž se předvádí samičkám, které si vybírají nejkvalitnější jedince a páří se nimi. S tím přímo souvisí i paradox leku, jelikož samičky takto získávají pro své potomky co do genetické výbavy smetanu ze smetany. Paradox pak tkví v tom, že se rozmnožuje pouze několik nejlepších samců a v populaci by se tím měla snižovat variabilita mezi samci – přesto jsou v populacích stále přítomni samci vysoce kvalitní i nekvalitní. Z pohledu červené královny to může být vysvětleno tím, že kvůli neustálému koevolučnímu závodu s parazity je vždy výhodný jiný genotyp a variabilita se tak udržuje tímto způsobem.

Hry a námluvy (nejprve pravidla)

Celá následující sekce bude pojednávat o některým z vás již známé teorii her, která původně vznikla díky práci velikánů, jako byli John von Neumann či John Forbes Nash, jakožto analýza ekonomických strategií a dala zrod teorii evolučně stabilních strategií v rukou lidí, jako byli William Hamilton, John Maynard Smith a George R. Price. Ti zmatematizovali skutečnost, že evoluce neprobíhá jen jako adaptace na neživé podmínky prostředí, ale že se děje mnohdy primárně proti dalším strategicky uvažujícím účastníkům, často pak jedincům vlastního druhu. Teorie her se tak stala nástrojem, který mohli evoluční biologové aplikovat, pokud je zajímala frekvenční závislost například některých fenotypů nebo genotypů. V následující sekci se podíváme na zajímavé aplikace teorie her na poli námluv a soubojů.

8. Než však přejdeme ke hrám samotným, je třeba si nejdříve ujasnit pravidla. Vysvětlete, co to jsou evolučně stabilní strategie a čeho jsou ekvivalentem na poli teorie her. [2 b]

Evolučně stabilní strategie (ESS) jsou ty strategie, které jsou nejméně náchylné k tomu být nahrazeny jinými strategiemi a z pohledu teorie her to jsou nejlepší možné strategie, které druh či jedinec může „hrát“ v případě, že jeho soupeř hraje též svou nejlepší strategii. Pro lepší pochopení se doporučuji podívat na [toto video](#), kde to budete moci pochopit na příkladu nejznámější prozkoumané hry *prisoner's dilemma*. ESS jsou ekvivalentem Nashova ekvilibría.

9. Vysvětlete, v čem spočívá *sequential assessment game* (dále už jen SAG) a v jakých situacích můžeme tuto hru aplikovat při popisu evolučně stabilních strategií. [1 b]

SAG (v překladu postupně ohodnocující hra) je hra z oblasti teorie her, v níž se při každém postoupení do dalšího kola (při dalším myšleném tahu) snižuje počet možností, přičemž se s každým herním kolem riziko zvyšuje. Nejčastěji se dá SAG aplikovat na souboje jedinců stejného druhu o samice. Ve skutečnosti žádný samec nechce bojovat, dokud to není nevyhnutelné, jelikož to obnáší riziko zranění, vyčerpání či snazší predace. Pokud však nedojde i po několika stupních

ohodnocení k ustoupení jednoho ze soků, dojde nakonec k boji, jelikož na tom závisí jejich reprodukční úspěch a pokračování jejich genů v dalších generacích.

A teď ty hry

Jelen evropský (*Cervus elaphus*) je nám všem jistě velmi dobře znám jak svým nezaměnitelným parožím, tak i impozantními zvukovými projevy a souboji v období říje. Vítěz obvykle bere celý harém samic a jeho geny se tak mohou šířit.

10. Uveďte, jaké významné prvky má chování samců jelenů v říji odpovídající SAG a proč se tedy takové chování uchytilo. [2 b]

Každý z nás již někdy slyšel o jelení říji. Jeleni v tu dobu hlasitě troubí, což je první prvek tohoto chování, samec tím dává sokovi najevo svůj stav. Pokud to nerozhodne a jsou oba na poslech silní, následuje někdy i několik hodin trvající ohodnocování soka formou chození vedle sebe a srovnávání se navzájem. Poté teprve, pokud to ani jeden nevzdá, následuje souboj.

Děje se tak, protože souboj je pro ně velmi riskantní, mohou si při něm vypíchnout oko, poranit se a dostat infekci, zaklesnout se do sebe a vyhladovět nebo se stát velmi snadnou obětí predátorů.

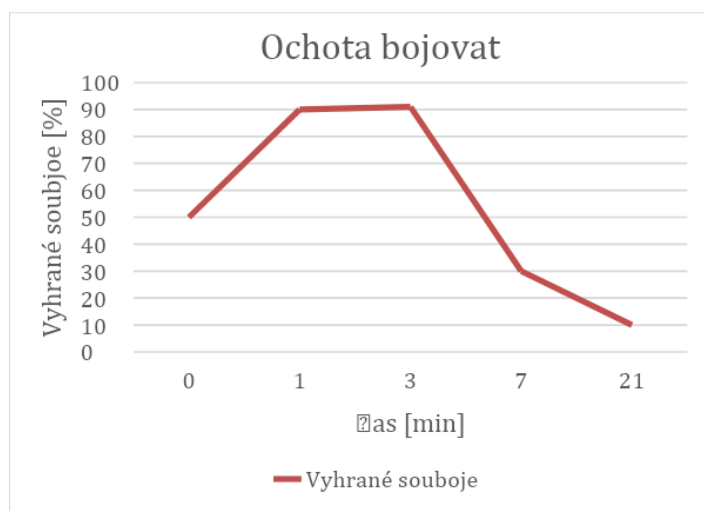
Pavouk druhu *Frontinella pyramitela*, který je rozšířen ve Spojených státech amerických, je mimo jiné znám svou typickou miskovitou sítí a jemným pavučinovým „ubrouskem“ pod ní, kde přebývá (díky tomu je též znám jako bowl-and-doily spider). Mezi evolučními biology však vešel ve známost díky zajímavému experimentu se souboji o samičky mezi samečky. Pokud necháte samečky tohoto druhu bojovat bez přítomnosti samic, ten větší vyhraje v 82 % případů. Avšak pokud máme jednoho samečka, kterého necháme kopulovat se samičkou a v určitých fázích přidáme druhého samečka, budou tyto šance kolísat v závislosti na čase, kdy narušitele přidáme.

11. Na výše uvedeném příkladě vysvětlíte jednoduše z hlediska benefitu času stráveného kopulací teorém marginální hodnoty (*marginal value theorem*). [1 b]

Marginal value theorem nám říká, že pokud se zdroje, ze kterých mohou jedinci mít benefit, vyskytují v daném prostředí ve shlcích (těmi jsou v našem příkladu samičky s vajíčky), nevyplatí se jeden využít do maxima, jelikož s časem stráveným využíváním zdroje většinou klesá jeho výtěžnost nebo se může objevit konkurent a dojít k souboji. Ve chvíli, kdy se objeví konkurent nebo výtěžnost zdroje klesne pod určitou mez, může být výhodnější investovat čas a energii do hledání zdroje nového, aniž by ten původní byl využit do maxima. V našem případě tak může být lepší, pokud se objeví další sameček, kopulaci ukončit předčasně a vydat se hledat další svolnou samici, a to i za cenu, že nedojde k oplození úplně všech vajíček samice původní. Výhodnost ústupu a hledání nové samice je tím vyšší, čím déle původní kopulace trvala. Pokud trvala dostatečně dlouho a došlo k pravděpodobnému oplození větší části vajíček, je výhodnější neztrácet čas soubojem, neriskovat zranění a před sokem raději ustoupit a vydat

se najít další samičku. Díky tomuto přístupu má sameček největší šanci zplodit větší množství potomstva, než kdyby se pokaždé rozhodl bojovat o možnost dokončit kopulaci a oplodnit několik málo zbývajících neoplozených vajíček.

12. Ač to na první pohled nemusí být patrné, i tito pavouci bojují dle SAG. Uveďte, jak se bude v čase měnit ochota samečka ukončit kopulaci a bojovat či utéct a nakreslete graf této závislosti (hodnoty nemusí být přesně, ale musí být jasný trend závislosti). Srovnajte, jak se bude lišit, pokud budeme mít narušujícího samečka, který je stejně velký nebo významně větší než kopulující sameček. [2 b]



(graf neobsahuje skutečné hodnoty, ale pouze blízké hodnoty pro demonstraci)

Tato křivka ukazuje hodnoty výsledků soubojů ve prospěch kopulujícího samečka se stejně velkým samečkem. Není to konstantně 50 % a krásně nám to ukazuje, že síla není všechno, ale rozhodující je informace. Druhý sameček netuší, do jaké fáze se kopulace dostala (plná délka je kolem 7 minut), jelikož jej přidáváme v různých okamžicích. Musí proto předpokládat nějakou střední hodnotu a jeho ochota bojovat by měla být vždy stejná neohledně na to, kdy byl přidán. Sameček, který kopuluje, však naopak ví, jak dlouho inseminace probíhá. Jeho ochota bojovat se tudíž bude měnit dle toho, jak moc se mu to vyplatí dle teorému marginální hodnoty.

Z pohledu samečka se tak hodnota samičky mění s tím, jak časem ubývá počet jejích vajíček, který ještě může oplodnit. Časem tato tzv. reziduální hodnota poklesne natolik, že statisticky má větší šanci na získání více potomstva tím, že se vydá najít další samičku a s ní se pokusit mít další potomky. Tato hodnota ubývá rychleji, pokud přidáme dalšího narušitele, jelikož souboj obnáší minimálně ztrátu času, v horším případě i riziko zranění či dokonce smrti. Kopulující sameček navíc kopulaci ukončí a ustoupí tím dříve, čím je narušitel větší.

Nové pokroky na poli genetického pozadí krásy a svádění

V současné době probíhá jeden zajímavý výzkum na pipulkách zlatopásých (*Manacus vitellinus*) a vyšel o tom i článek v žurnálu Science, populárně pojednávající o genetických aspektech vývoje jejich ozdob a extravagantního chování.

[The genes behind the sexiest birds on the planet | Science | AAAS \(sciencemag.org\)](#)

Oddech na závěr

Máte za sebou náhled do jedné „krásné“ oblasti evoluční biologie. Pokud si chcete na chvíli oddechnout, můžete se podívat na tento tematický díl večerníčku Matylida s názvem [námluvy](#) :D.

Stanislav Juračka

5. Genetics of quantitative traits and population genetics

20 bodů

Before the discovery of population genetics and genetics of quantitative traits, there was a huge disagreement between geneticists and biometricians. Even it does not look like that today, it was a huge deal, because thanks to this discovery, we were able to merge Mendelian genetics and Darwinian evolution together. That is why in this task, we will recapitulate the most important concepts and ideas. Be as concise as possible, often one sentence is enough for an answer.

1. **How is heritability defined and which values can it reach?** [1 b]

The ratio between the hereditary and non-hereditary component of variability;
0–1/0–100 %

2. **Define precisely:** [3 b]

a. **quantitative trait**

a measurable trait that exhibits continuous variability

b. **population**

a set of individuals of a given species, living in the same territory at a given time

c. **gene pool**

a set of alleles of all genes of all individuals in a population, present in gametes

3. **What is a panmictic population?** [1 b]

completely random pairing of alleles, random crossbreeding of individuals, gonochorists (they form only one type of germ cells), sufficiently large population - the ratio of homozygotes and heterozygotes remains approximately the same

4. **Write Hardy-Weinberg equation and describe the meaning of each letter.** [1 b]

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p = frequency of allele A; p^2 = frequency of AA (dominant homozygote)

q = frequency of allele a; q^2 = frequency of aa (recessive homozygote)

$2pq$ = frequency of Aa (heterozygotes)

5. **At which conditions does Hardy-Weinberg law work?** [1 b]

the law is valid only for a sufficiently large panmictic population

6. Why is marriage between relatives (inbreeding) dangerous? [1 b]

the number of homozygotes is growing - there is an increased risk of genetic diseases (mainly autosomal recessive)

7. In which populations does the genetic drift occur and what is it? [1 b]

in a small population, there is an random shift in genetic balance, the gradual disappearance of one of the alleles (it can also be a beneficial allele)

8. Add numbers: [5 b]

The human genome contains about 2.85 billion nucleotides and about 20 to 25 thousands of genes that encode proteins. Of the total number of genes, these coding genes represent about 2 %. The nucleotide sequence of two humans is 99,9 % identical, and the chimpanzee and human sequences are about 98 % identical.

Solve the following problems:

9. The incidence of phenylketonuria is 1:10,000. How many unaffected carriers of this disease are in the population? [2 b]

1,98 %

10. A 21-year-old woman came for a prenatal genetic consultation because she was diagnosed with cystic fibrosis as a child. The man with whom she is expecting the child shows no signs of this disease and comes from a population in which the prevalence of cystic fibrosis is 1/100. What is the probability that the child of this couple will suffer from cystic fibrosis? [2 b]

9 %

11. The prevalence of Daltonism (color blindness) in men in a certain population is 1/100. What is the frequency of color-blind women in the same population? [2 b]

1/10 000