

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 6

Série 4

Milé řešitelky, milí řešitelé,

Poslední série 6. ročníku je tu. Opět Vás čekají úlohy ze všech možných koutů biologie, takže si jistě vyberete. S postupujícím jarem se blíží i expedice Biozvěstu mezi rašeliniště poblíž jihočeské Rudy – výprava na pohupující se rašeliničkové bochánky bude pro Vás jistě nezapomenutelným zážitkem.

Pokud Váš biologický program končí s posledním zvoněním a léto doposud zaplněné nemáte, věnujte pozornost letnímu biologickému soustředění Arachne. Na něm můžete prožít hromadu nevšedních zážitků – ať už v laboratoři, při bádání na vlastním vědeckém projektu nebo během neotřelých vypečených her. [Přihlásit se do konce dubna můžete tady](#). Budeme se na Vás těšit! (Spolek Arachne organizačně zastřešuje Biologický korespondenční seminář Biozvěst.)

Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na [internetové stránce Biozvěstu](#) (nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplíte (pouze v případě, že je tato série Vaše první řešení v rámci aktuálního ročníku). Úlohy Vám budeme zasílat automaticky na e-mailovou adresu uvedenou v přihlášce. Pokud budete chtít ukončit odběr novinek o Biozvěstu, napište nám e-mail.

Dále se k nám můžete připojit prostřednictvím [Facebooku, skupina „Biozvěst“](#), kde lze probírat aktuality a diskutovat dle libosti.

Vaše řešení nám poslejte na adresu biozvest@gmail.com

Nejpraktičtější formou řešení bude prostý text v e-mailu, ale přijímáme veškeré formáty příloh. Každou úlohu pište do samostatného e-mailu a v předmětu uveďte

Ročník-Série-Úloha-Jméno_Příjmení,

např. **6-4-5-Bioslav_Biomilný** v případě páté úlohy čtvrté série aktuálního ročníku. Moc nám pomůže, když uvedený zápis dodržíte (na jeho základě si došlá řešení filtrujeme).

Uzávěrka 4. série: pondělí 14. 5. 2019 o půlnoci.

Vyhodnocení Vašich řešení dostanete e-mailem.

Nelekejte se, když Vám přijdou úlohy na první pohled příliš těžké, ponořte se do informačních zdrojů a uvidíte, že na vše lze někde nalézt odpověď. Dobré tipy k řešení naleznete také na stránce Biozvěstu v sekci „Návody“. Není nutné, abyste kompletně vyřešili všechny úlohy a asi se to ani nikomu nepodaří, stačí odeslat libovolně velký fragment. Oceníme, pokud přiložíte jakékoli připomínky (např. úloha byla příliš lehká/těžká, nesrozumitelná, nudná), úlohy se pokusíme tvořit k Vaší maximální spokojenosti.

Veškeré dotazy či připomínky směrujte na adresy [biozvest@gmail.com](#) či [vosolob@natur.cuni.cz](#) (na druhé adrese máte větší šanci na rychlé zodpovězení otázky), nebo na e-mailové adresy autorů konkrétních úloh. Kontakty naleznete na webu Biozvěstu.

Biodiverzitě a řešení Biozvěstu zdar!

Václav Bočan

Úloha 1: Bezobratlé dobrodružství v jižních mořích

Autor: Jakub Hradečný

Počet bodů: 13

Následující úloha primárně cílí na velmi starobylou skupinu organismů, které nacházíme převážně jako součást mořských ekosystémů. Lehce se však dotkneme i dalších, neméně pozoruhodných organismů, které určitě stojí za zmínku.

Porifera neboli houbovci dostali svůj název od pórovité struktury svého těla, které je zajímavé například neukončeným růstem a nedefinovaným tvarem. Ačkoli u některých zástupců lze podle jejich tvaru bezpečně odlišit jednotlivé druhy mezi sebou, obecně se jedná o velmi polymorfní organismy. S tím také souvisí to, že u některých druhů houbovců jen těžko rozlišíme, zdali hledíme na jednoho jedince, nebo na kolonii, a proto o nich mluvíme jako o organismech modulárních – celá struktura je tedy asociací modulů (u pravé kolonie spolu asociují jednotlivé ramety, tedy více či méně specializovaní jedinci).

1. Vzhledem k výše napsanému je velmi zajímavé také jejich rozmnožování. Většina houbovců je hermafroditických, ale najdeme mezi nimi i několik gonochoristů. U porifer se vyskytuje jeden zajímavý způsob rozmnožování. Vysvětlíte, co jsou to gemule. Stručně popište, jakým způsobem gemule vznikají. Jaké jsou zřejmě hlavní důvody (alespoň dva) existence gemulí u sladkovodních temperátních porifer? Napište alespoň jednoho zástupce (latinský název) houbovců, se kterým se můžete setkat na území České republiky.
2. Porifera se vyskytují takřka kosmopolitně, a často mohou dosahovat obřích forem. Někdy mohou dokonce zastávat funkci hlavních útesotvorných organismů. Jedním z míst, kde se houby vyskytují jako útesotvorné organismy, jsou vody u pobřeží Antarktidy. Napište, na jakém dalším místě byste se s fenoménem útesotvorných houbovců mohli setkat. Vysvětlíte, čím je způsobeno, že v těchto biomech dokážou houbovci tak úspěšně konkurovat ostatním organismům. Jak už bylo zmíněno výše, porifera mohou (nejen) ve vodách Antarktidy dorůstat extrémních rozměrů. Zkuste stručně vysvětlit, čím může být tento gigantismus způsoben a napište alespoň dva další kmeny živočichů vyskytujících se ve vodách Antarktidy, u kterých se také setkáte s gigantismem.
3. U Antarktidy se ještě na chvíli zastavíme. Zdejší biosféra je značně ovlivněna jistou geologickou událostí, která vedla ke značné izolaci a ochlazení celého kontinentu. O jakou událost se jedná a co bezprostředně po ní nastalo (jaký konkrétní děj způsobil již zmíněné ochlazení a izolovanost)? Kdy k této události došlo? Zdejší organismy jsou tedy vystaveny velmi drsným podmínkám. Navrhněte, co je pro ekosystém antarktických moří limitující abiotickou podmínkou a jak se s jejím nedostatkem zde žijící organismy vyrovnávají.

Úloha 2: Rakovina

Autor: Zuzana Konvičková

Počet bodů: 21

V očích laické veřejnosti je často hlavní náplní práce vědců badajících v oblasti biologie „hledání léku na rakovinu.“ Ač-

koliv my zasvěcenější víme, jak je tento pohled daleko od pravdy, nelze se laikům příliš divit – média se lačně chopí jakékoli zprávy, vědecké i nevědecké, která s nádory a rakovinou alespoň vzdáleně souvisí. A my tyto zprávy dychtivě čteme, neboť ročně v ČR onemocní nějakým typem rakoviny téměř 100 000 lidí a tato nemoc se tak přímo či nepřímo dotkne v podstatě každého z nás. Co je ale nádor z biologického hlediska vlastně zač? Čím jsou buňky, které ho tvoří, jiné než ostatní buňky v těle? Jak se rakovina po těle šíří? A má vůbec něco společného s raky?

1. První doložený popis rakoviny pochází už se starověkého Egypta (asi 3000 př. n. l.). V antice byl poprvé pro nemoc použit název související s raky/kraby. Kdo rakovinu popsal, jaké jméno nemoci dal a proč?
2. Rakovinná buňka vždy vzniká v důsledku mutace DNA. Všechny buňky v těle totiž podléhají přísné kontrole zvenčí (signály od okolních buněk) i zevnitř („kontrolními“ geny). Tyto kontrolní mechanismy mají zajistit, aby každá buňka plnila pouze svou předurčenou funkci: aby se dělila, jen když je třeba, a aby zemřela, když příliš zestárne nebo když dostane signály k apoptóze. Na počátku každého nádoru je původně zdravá (somatická) buňka, jejíž kontrolní mechanismy však selhaly v regulaci buněčného cyklu – ze somatické buňky se stala buňka nádorová. Tento proces přeměny označujeme pojmem nádorová transformace. Nádorová buňka odpovídá na signály zvenčí nepatřičně a zpravidla se nekontrolovaně dělí. U vzniku nádorové buňky zpravidla stojí mutace nebo porucha regulace dvou typů genů, které se v genomu vyskytovaly již předtím: onkogenů a tumor supresorových genů. Rozdělte mezi ně následující tvrzení:
 - a. Vznikají chybnou expresí genů kódujících proteiny pro růst a diferenciaci buněk;
 - b. mutace má většinou dominantní charakter;
 - c. zabraňují přenosu poškozené DNA do dceřiných buněk (např. zabraňují v takovém případě dělení);
 - d. mohou být virového původu;
 - e. jde například o gen p53 nebo retinoblastomový gen;
 - f. mutace má většinou recesivní charakter;
 - g. vedou k nadměrné proliferaci buněk;
 - h. zabraňují abnormální proliferaci buněk.
3. Nádorová buňka se od somatických buněk velmi liší – již jsme zmínili, že neomezeně proliferuje (dělí se) a stává se nesmrtelnou.
 - a. Jaké další charakteristiky nádorové buňky tě napadají? Napiš alespoň 4. (Ne všechny nádorové buňky musí mít všechny vlastnosti zároveň.)
 - b. Co je to Warburgův efekt a proč se u nádorových buněk objevuje?
 - c. Jakými mechanismy je omezen život somatických buněk a z jakého důvodu?
 - d. Proč nádorové buňky tato omezení nemají a jak se jim podařilo vyhnout smrti?
 - e. Díky neomezené délce života a rychlému dělení se dají nádorové buňky kultivovat v laboratoři. Kultury nádorových buněk mají velký význam ve výzkumu. Kdy byla izolována první kultura lidských nádorových buněk, jak se tyto buňky nazývají a odkud pocházejí? S touto buněčnou linií se dodnes pracuje.
4. Dělením nádorové buňky vzniká nádor. Názvy nádorů se odvozují od tkáně, do které původně nádorová buňka patřila. Z jakých tkání byly odvozeny následující nádory?
 - a. karcinom
 - b. sarkom
 - c. leukémie
 - d. gliom
 - e. teratom

5. Nádor bývá obvykle odvozen od jediné mutované buňky – nádorové buňky tedy tvoří klon. Hmota nádoru však není tvořena pouze tímto klonem rakovinných buněk, jeho stavba je mnohem složitější. Z histologického hlediska lze nádor dělit na parenchym a stroma. Parenchym jsou vlastní nádorové buňky, stroma jsou ostatní buňky, které se v nádoru vyskytují (většinou mezenchymálního původu). O jaké buňky by mohlo jít a jaká je jejich funkce?
6. Při popisu rakoviny a nádorů se často používají následující pojmy. Co nejlépe je vysvětlí.
 - a. benigní nádor
 - b. maligní nádor
 - c. metastáza
7. Co jsou to sentinelové uzliny a jaký je jejich význam v medicíně?
8. Rakovina nemusí být vždy autonomně vznikající onemocnění, známe dokonce případy „infekčního přenosu.“
 - a. U jakých organismů můžeme pozorovat nakažlivou rakovinu – tedy přenos nádoru mezi jedinci?
 - b. Infekční rakovinu známe i u člověka. Co ji způsobuje?

Úloha 3: Až do dna

Autor: Kateřina Kubíková

Počet bodů: 15

V této úloze se ponoříme do nějaké pěkné české vodní nádrže (tímto pojmem budu v celém zadání označovat libovolnou stojatou sladkovodní plochu). A to téměř doslova – začneme totiž na hladině a postupně budeme klesat celým vodním sloupcem až na úplné dno. Při tom budeme sledovat, co všechno se kolem nás mění, jaké to má následky, jaké fenomény s tím souvisí a jaký má to vše dopad na organismy žijící zde.

1. Začneme tedy na hladině. Již ta totiž kypí životem. Společenstvo organismů vyskytující se na rozhraní vody a vzduchu nazýváme obecně pleuston, přičemž jeho mikroskopickou složku tvoří takzvaný neuston. Povrchové napětí vody členům tohoto společenstva umožňuje pohybovat se přímo na vodní hladině (epipleuston, epineuston) tak jako všem dobře známá bruslařka (*Gerris*) nebo naopak „přilepení“ na povrchu vody zespodu jako perloočka rodu *Scapholeberis* (hypopleuston, hyponeuston). Zajímavým způsobem se po hladině umí prohánět hladinatka (*Velia*, obr. 1) nebo drabčík rodu *Stenus*. Jakým způsobem se po hladině pohybují a jakého fyzikálního principu u toho využívají?



Obr. 1: Hladinatka člunohřbetá, *Velia caprai*.

2. Jak již bylo naznačeno v úvodu úlohy, při sestupování do hloubky se mění řada abiotických podmínek. Jednou z nich je samozřejmě množství světla. Podle jeho (ne)přítomnosti můžeme vodní sloupec rozdělit na takzvanou eufotickou (prosvětlenou) a afotickou (neprosvětlenou) vrstvu. Hloubka eufotické zóny není stálá, mění se v závislosti na hustotě populace planktonních organismů, částic rozptýlených ve vodním sloupci i množstvím některých látek rozpuštěných ve vodě. Dalším faktorem, který se mění s rostoucí hloubkou, je teplota vody. S touto ale není tak jednoduché, velmi záleží na roční době, kdy se do nádrže potápíme. Vysvětlete, čemu se říká jarní a podzimní cirkulace a letní a zimní stagnace a proč k nim právě v těchto ročních obdobích dochází. Kdy v průběhu ročního cyklu hovoříme o vrstvách nazývaných epilimnion, metalimnion a hypolimnion? Čím je z hlediska fyzikálních vlastností významný metalimnion a jaký to má vliv na stratifikaci vody do zmiňovaných vrstev?
3. Výše popsany cyklus je typický pro naprostou většinu vodních ploch u nás, nicméně zdaleka ne ve všech nádržích na světě probíhá tímto způsobem. V některých dochází k cirkulaci jen jednou za rok, v některých naopak mnohem víc než dvakrát a v některých vůbec. Vyberte si jednu z uvedených modifikací, uveďte obecně, v jakých jezerech k takto pozmeněnému cyklu dochází, jeden příklad a stručně vysvětlete proč. Napište dva konkrétní příklady nádrží s vybraným cyklem.
4. Aby to nebylo tak jednoduché, různé parametry se mohou navzájem kombinovat, z čehož plynou zajímavé konsekvence. Příkladem může být poměr hloubky epilimnionu a eufotické zóny, na němž zcela zásadně závisí množství rozpuštěného kyslíku v metalimnionu. Jaké dva stavy mohou v metalimnionu nastat (co se týče obsahu kyslíku) a co je způsobí?
5. Obr. 2 zobrazuje jednoduché zařízení, které slouží k měření důležitého parametru vodní nádrže, jež je velmi podstatný pro řadu vodních organismů. Jak se toto zařízení jmenuje? Popiš, k čemu slouží a jak se používá. Proč je jím měřená veličina daleko důležitější pro druhy rodu *Podiceps* než pro druh *Anas clypeata*?



Obr. 2: Záhadné zařízení.

6. Nyní už se konečně dostaneme přímo k obyvatelům vodního sloupce. Ty můžeme podle jejich schopnosti vzdorovat vodním proudům rozdělit na plankton a nekton. Zastavme se na chvíli u planktonu. Ve škole jste se asi učili, že je to společenstvo organismů volně se vznášejících ve vodním sloupci. Nechme stranou to, že tato definice není úplně přesná, neboť i plankton se často může aktivně pohybovat, jen to prostě nestačí na to, aby si plaval, kam chce, když vodní proud chce, aby plaval opačným směrem. To, že se planktonní organismy umí relativně dobře aktivně pohybovat, asi nejlépe dokazuje diurnální vertikální migrace, která probíhá nejen ve sladké vodě, ale i v moři, kde je někdy považována za vůbec nejmasovější přesun organismů. Popište, co tu diurnální vertikální migrace je a proč k ní dochází.

7. Nyní se podívejme na ono vznášení se ve vodním sloupci. Většina planktonních organismů má hustotu o něco málo větší než voda, což má za následek jejich pomalé (ale jisté) klesání směrem ke dnu, přičemž rychlost klesání jde popsat Stokesovou rovnicí:

$$v = \frac{1}{18} \cdot g \cdot r^2 \cdot \frac{\text{rozdíl hustoty tělesa a tekutiny}}{\text{tvarový odpor} \cdot \text{viskozita tekutiny}}$$

kde v je rychlost klesání, g je tíhové zrychlení, r je poloměr. Pokuste se na základě této rovnice vysvětlit, proč dosahuje valná většina fytoplanktonu jen velmi malých rozměrů. Bylo by přece výhodné být velký a zastínit ostatní, moci si udělat zásoby a zároveň lépe vzdorovat svým požíračům. Nebo by to mělo nějaký háček?

8. Planktonní organismy se neustálému klesání na dno snaží samozřejmě bránit. Jmenuj alespoň tři různé způsoby, jak je možné mu vzdorovat a ke každému uveď příklad sladkovodního organismu či skupiny organismů, která ho využívá.
9. Teď si asi říkáte, že když si organismy vymyslely takovou plejádu způsobů, jak klesání ke dnu vzdorovat, proč si prostě svou tělesnou schránku nevytvoří tak, aby ve vodním sloupci prakticky stály na místě – neklesaly vůbec. To však není tak jednoduché, jak se zdá. Prvním zádrhelem, co nás napadne, je to, že žádné „ideální vyladění“ vlastně neexistuje, protože vlastnosti vody včetně její hustoty a viskozity se neustále mění například se změnou teploty. Pasivně se pohybující fytoplankton by zároveň bez tohoto neustálého pomalého klesání měl problém související s příjmem živin. Jaký a proč?
10. Tak už jsme v naší úloze konečně dopadli až na samotné dno. Měli jsme štěstí, protože kdybychom byli nějaká malá organická částice a padali jsme v dostatečně hluboké nádrži, vůbec bychom na dno dopadnout nemuseli – byli bychom už během pádu vodním sloupcem postupně rozloženi. Zda se na dně nádrže bude usazovat organický sediment tedy závisí hlavně na její hloubce. Organická sedimentace pak určuje chemickou formu fosforu ve vodě a tím i trofii (úživnost) nádrže. V jakých dvou formách se fosfor ve vodě může vyskytovat a na čem závisí, která bude převládat? Jakou zásadní vlastností se tyto formy liší a jak to tedy souvisí s trofií nádrže?
11. Organismy obývající dno označujeme pojmem bentos. Někteří žijí na povrchu dna, jiní tráví většinu času zahrabání v sedimentu. Když se podíváme na druhy z druhé jmenované skupiny, může nás zaujmout, že řada z nich je zbarvena nápadně červenou barvou (*Chironomidae*, *Naididae*, ...). Proč jsou takhle zbarveni a k čemu jim to je dobré?

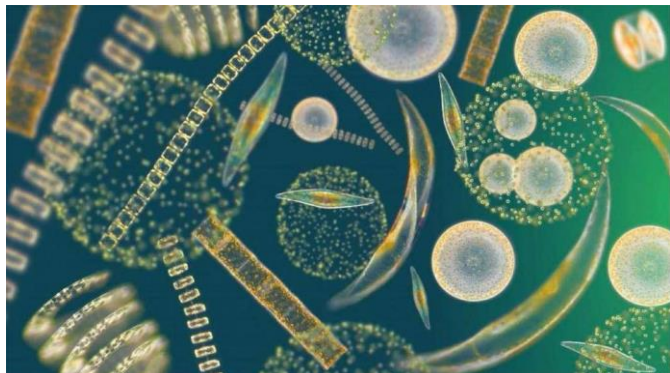
Úloha 4 (experimentální): Sinice a řasy jako bioindikátory prostředí

Autor: Veronika Kučminová

Počet bodů: 15

Hoci sú riasy a sinice svojou veľkosťou ľahko prehliadateľnou skupinou organizmov, v ekosystéme majú svoje nepostrádateľné miesto. Vyznačujú sa globálnym rozšírením, rozmanitou diverzitou (obr. 3) a dôležitým významom vo fungovaní prírody. Sú to najjednoduchšie autotrofné organizmy,

z ktorých sa vyvinuli vyššie rastliny a ktoré sú hlavným aktérom endosymbiózy a vzniku chloroplastov. Vo vývoji Zeme zohrali veľmi dôležitú úlohu pri tvorbe kyslíkatej atmosféry a ako primárne producenty sú kľúčovými hráčmi vo vodnom ekosystéme. Morský fytoplankton dokonca tvorí až 70 % celkovej primárnej produkcie. Niektoré riasy tiež dokážu výrazne ovplyvňovať globálne problémy, ako je napríklad otepľovanie Zeme.

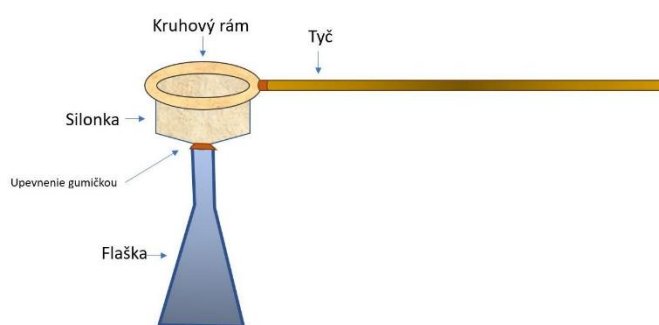


Obr. 3: Diverzita vodného fytoplanktonu.

1. Ktorá morská skupina rias z ríše Chromista sa výrazne podieľa na regulácii skleníkového efektu? Popíšte dva spôsoby, vďaka ktorým dokážu meniť teplotu prostredia.
2. Fytoplankton môže mať však aj negatívny vplyv na prostredie. Asi najznámejším príkladom našich vôd je sinicový vodný kvet. Ako negatívne vplyva na okolité živočíchy a rastliny? Skúste vymyslieť dva spôsoby, akými by sa potenciálne dal zabrániť a potlačiť rozvoj siníc.

Riasy využíva aj človek pre vlastné účely. Nájdete ich v mnohých farmakologických a výživových doplnkoch, vedú sa výskumy, ako ich použiť pri výrobe biopalív. Vzhľadom k ich citlivosti a dynamickej odpovedi na fyzikálne, chemické a biologické zmeny okolitého prostredia si monitoring fytoplanktonného spoločenstva našiel svoje využitie ako účinný indikátor kvality vôd. A to si vyskúšame aj v poslednej praktickej úlohe tohtoročného Biozvestu!

3. Na začiatok sa trochu zorientujeme v systéme. Jednotlivé skupiny rias rozdeľte medzi primárne endosymbiotické organizmy a sekundárne endosymbiotické organizmy. Ako by ste podľa endosymbiózy zaradili/popísali sinice?
4. Prvým krokom už samotného experimentu bude vydať sa na riasy do terénu a vyhľadať čo najviac rozličných vodných tokov a plôch. Na odber rias sa využíva špeciálne zariadenie – planktonka, no postačí, ak vodu jednoducho naberie do fľaše. Pre lepšie výsledky vzorky preceďte cez hustý cedník alebo silonku, z ktorej si môžete aj vlastnú planktonku vyrobiť (obr. 4). Stačí ustrihnúť jednu nohavicu a na širšom konci ju zasadiť do pevného rámu (napr. z drátu, rámu starého cedníka...) tak, aby látka vyplňala jeho prázdne vnútro. Na rám následne pripevníte tyč. Na užšom konci silonky ustrihnite špičku a gumičkou pripevníte fľašku, kde sa bude koncentrovať plankton. Pri použití držte planktonku za rukoväť a na hladine robte osmičky ako so smýkačkou. Ak je to možné, preskúmajte a odoberte vzorky aj z fyto-bentosu či povrchu kameňov a z makroskopických rias. Zapište si tiež popis odmerných miest a informácie o lokalitách. V blízkosti vôd dbajte na bezpečnosť! Experiment podrobne zaznamenajte do protokolu.



Obr. 4: Planktonka.

5. Pomocou literatúry skúste odhadnúť, aké skupiny na jednotlivých lokalitách očakávate a svoje hypotézy dokážte analýzou vzorkov, ktoré sa pokúste čo najpresnejšie určiť. Niektoré riasy dokážete rozoznať aj voľným okom, no znova aj pri tejto úlohe budete potrebovať mikroskop. Pomôcť si môžete rôznymi materiálmi ako sú atlasy alebo internetové kľúče, prezentácie či články. Pre základnú orientáciu prikladám odkaz na [jednoduchý prehľad rias](#) a [kľúč na určovanie](#). Podrobnejšie informácie môžete napríklad nájsť na [tejto stránke](#). Každý druh/skupinu rias zakreslite alebo vyfotografujte a popíšte znaky, na základe ktorých ste ich určili. Túto obrazovú dokumentáciu umiestnite do výsledkov protokolu. Skúste určiť minimálne 10 rôznych rias. Za ďalšie správne určené druhy bude vaša práca ohodnotená bonusovými bodmi.
6. Niektoré druhy sú výhradne viazané na znečistené alebo čisté vody. V diskusii protokolu porovnajte, či sa zistené výsledky zhodujú s vašimi očakávaniami a zhodnoťte, v akom stave sa nachádzajú vami vybrané vodné toky a plochy na základe vášho experimentu.

Úloha 5: Opěrný aparát člověka

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 20

Opěrný aparát člověka tvoří, stejně jako u všech obratlovců, vnitřní kostra. Kostra je tvořena kostmi, které jsou mezi sebou spojeny klouby. Styčné plochy kostí v jednotlivých kloubech jsou kryty chrupavkou. V embryonálním vývoji je celá kostra tvořena chrupavkou vzniklou z mezenchymu, teprve v dalším vývoji dochází k náhradě chrupavky kostí procesem osifikace. Nejdříve vzniká tzv. primární kost, která ještě nemá lamelovité uspořádání, teprve poté dochází k vývoji tzv. sekundární kosti s již charakteristickým uspořádáním. Primární kost se po porodu již za fyziologických okolností v těle nevyskytuje, ale v případě zlomenin dochází k hojení kosti právě vznikem primární kosti. Teprve poté je nahrazena plnohodnotnou sekundární kostí.

Mezi jednotlivými strukturami opěrného aparátu jsou diametrální rozdíly. Zatímco chrupavka je měkká a uzpůsobená tlumení nárazů, kost tvoří pevnou oporu těla. V obou případech se jedná o pojivovou tkáň, proto množství extracelulární matrix převažuje nad množstvím buněk. Ale zatímco v případě kosti je extracelulární hmota mineralizovaná, v případě chrupavky je tvořena různými glykoproteiny schopnými pojmout velké množství vody. Rozdíl v extracelulární hmotě chrupavky a kosti nespočívá pouze v množství minerálů, ale také v zá-

kladním kolagenu tvořícím jednotlivé tkáně. Zatímco v případě kosti je hlavní organickou složkou kolagen I, chrupavku tvoří především kolagen II.

Kostra je složena z kostí různých tvarů. Základní dělení je na ploché, dlouhé a krátké kosti. Toto dělení není ovšem založeno čistě na tvaru, ale také na typu chrupavek, ze kterých vznikly v době embryonálního vývoje. Zatímco ploché a některé krátké kosti vznikly tzv. desmogenní osifikací, dlouhé kosti vznikly enchondrální osifikací. To je důvod, proč v dospělosti některé kosti mají zachovanou schopnost krvetvorby a jiné ne. Morfologicky se dlouhá kost skládá z jedné diafýzy a dvou epifýz. Diafýza je část uprostřed, epifýzami jsou kosti zakončené. V embryonálním vývoji jsou všechny části zakládány zvlášť a k osifikaci dochází z tzv. osifikačních jader. K sobě jsou spojeny růstovými chrupavkami, které umožňují růst v dětství. Po jejich osifikaci již není růst do výšky možný. Růst je ovlivňován tzv. růstovým hormonem, na uzavření růstových štěrbin se podílí rovněž pohlavní hormony. Estrogeny mají větší vliv na uzavření růstových chrupavek než testosteron, což je jeden z důvodů, proč jsou ženy nižší než muži. Přestože kost jako taková nemá nervová zakončení, zlomeniny poměrně dost bolí. To je způsobené velmi hojně inervovaným periostem (okosticí), který se nachází na povrchu kostí a jehož hlavní funkcí je být v kontaktu se svaly informovat o zapojení kostí při pohybu. V periostu se nachází také velké množství vlásečnic, které kost zevnějšku vyživují. Pro úplnost uvádím, že uvnitř kosti se nachází tzv. endoost, rovněž velmi prokrvený a zakončený nervovými vlákny. Jak periost, tak endoost mají charakter kubického epitelu. Buňky periostu a endoostu jsou zdrojem buněk, ze kterých se později vyvíjí osteoblasty.

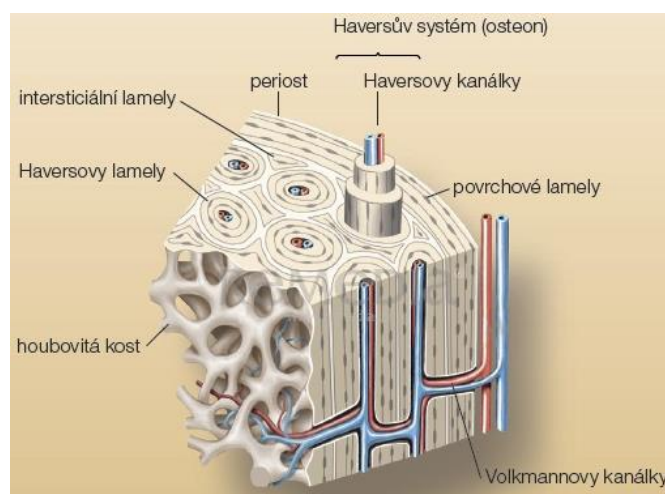
V kosti se obecně nachází tři typy buněk. První jsou osteoblasty. Vznikají z periostu a endoostu a jsou zodpovědné za produkci kostní matrix. Jsou řízené především vitamínem D, estrogeny a růstovým hormonem. V menší míře se při dlouhodobém účinku uplatňuje také parathormon. Naproti tomu osteoklasty jsou modifikované makrofágy a jejich činnost podporuje především parathormon. Naproti tomu vitamín D a kalcitonin jejich funkci tlumí. Jsou zodpovědné za kostní resorpci. Posledními buňkami jsou osteocyty. Jejich funkce není zcela jasná, ale při jejich odstranění dochází k úbytku kostní hmoty. Má se za to, že fungují jako mechanoreceptory zátěže kostí.

Primární kost je nepravidelně uspořádaná, obsahuje hojně osteocytů, osteoblastů i osteoklastů a výrazně méně minerálů než definitivní, sekundární kost. Sekundární kost má charakteristickou strukturu, ovšem velmi záleží na tom, v jaké části kosti se nachází. V epifýzách je nutné vytvořit především hustou síť vláken, které budou podpiřat zbytek těla. Pokud si představíme kostru jako gotickou katedrálu, tak epifýzy tvoří síť trámčů držící klenbu střechy. Díky tomuto uspořádání se váha těla rovnoměrně na kost rozloží, a dokonce snese i zátěž, kterou na ni vytváří pohyb těla, například při skoku, ale také při běžném pádu – při něm se zdravá kost nezlomí. Pokud je ovšem kost z různých důvodů poškozená, dochází ke zlomeninám i při minimálním zranění. Příčinou defektu v kosti může být např. infekce v dané kosti, nádor nebo cysta. Nejčastější příčinou je ovšem osteoporóza, která je způsobena obvykle hormonální dysbalancí. Nejčastěji se objevuje po menopauze, kdy klesá množství estrogenů v krvi, což má za následek úbytek kostní hmoty. Podobně ovšem působí glukokortikoidy, které snižují vstřebávání vápníku ze střeva a vyplavují ho ledvinami. Rov-

něž podobný efekt má např. také inzulin, ale nejvíce se na rozvoji osteoporózy uplatňuje absence vitamínu D, který je rovněž zodpovědný na vstřebávání vápníku ze střeva. Vzhledem k tomu, že se aktivuje v ledvinách, pacienti s postižením ledvin mají poměrně těžce porušený metabolismus vápníku a těžkou osteoporózu. Co se týče nádorů kostí, existují primární nádory kostí, které vznikají v dětství a jsou poměrně vzácné. Daleko běžnější jsou metastázy jiných nádorů do kostí, především do páteře. Proto se patologickými frakturami, popřípadě krutými bolestmi zad manifestují nádory plic, prostaty nebo močového měchýře.

U nádorů je třeba stran kostí zmínit jednu důležitou poznámku. Některé nádory, především plic, jsou schopny produkovat parathormon, nebo častěji analog parathormonu. Parathormon je za normálních okolností hormon příštítných tělísek a nejdůležitější hormon v metabolismu vápníku. Je zodpovědný za udržování normální hladiny vápníku v krevní plasmě. Pokud je vápníku v plasmě dost, tak jeho syntéza klesá, pokud je hladina vápníku nízká, tak jeho množství stoupá. Jediný způsob, kterým dokáže zvednout hladinu vápníku v plasmě, je aktivovat osteoklasty a uvolnit volný vápník z kostí. Takže pokud dojde k jeho nepřiměřené a hlavně neregulované sekreci, dokáže vybrat veškerý vápník z kostí, což se projeví mimo jiné extrémně vysokou hladinou vápníku v plasmě, patologickými kalcifikacemi jinde v těle a především těžkou osteoporózou, která se záhy projeví patologickými frakturami.

Naproti tomu diafýzy jsou v našem připodobnění ke gotické katedrále nosné sloupce, které mají za úkol celou stavbu držet nad zemí. Proto i uspořádání jejich struktury je od epifýz odlišné. Jsou tvořeny koncentrickými systémy lamel připomínající letokruhy stromů nazývané osteony. V každé vrstvě osteonu, tzv. Haversově lakuně, se nachází osteoblasty, které produkují organickou hmotu. Díky tomu kost roste do šířky, ovšem roste do centra celého osteonu, nikoliv ven. Zároveň se zde nachází osteoklasty, které kost resorbují. Napříč systémem prochází síť kapilár, ze které jsou buňky živěny, tzv. Volkmanovými kanálky, v centru se nachází centrální, Haversův kanálek. Celý systém je označován jako Haversův systém (obr. 5).



Obr. 5: Haversův systém. (www.remedia.cz)

Kosti mají několik funkcí. Základní funkcí je samozřejmě tvorba opory těla pro vykonávaný pohyb. Přestože jsou uložena uvnitř těla, jejich nezanedbatelnou funkcí je rovněž ochrana vnitřních orgánů – především mozku, plic a srdce, ale také pánevních orgánů. Nelze pominout nespornou funkci při

fyzilogii dýchání. Vzhledem k tomu, že obsahují asi 1 kg vápníku, jsou nejdůležitější zásobárnou minerálů – nejen vápníku. Jak již bylo zmíněno výše, účastní se na funkci krve tvorby. Krvetvorba probíhá v kostní dřeni. Absolutní množství dřeně účastníci se na tvorbě krve se u dospělých příliš od dětí neliší. Nicméně vzhledem k tomu, že člověk má asi dvojnásobnou výšku proti dvouletému dítěti, výrazně se liší distribuce hematopoetické tkáně. Zatímco v dětství probíhá krvetvorba ve všech kostech, v dospělosti je ve většině kostí červená kostní dřeň nahrazena bílou kostní dřenou tvořenou tukem.

Člověk chodí vzpřímeně, což se odráží i na uspořádání jeho kostry. Jednou z modifikací je absence ocasu nebo palec na noze, který je uložen souběžně s ostatními prsty. Vzpřímené chůzi je rovněž uzpůsobena nožní klenba, která se u jiných živočichů nevyskytuje. Dalším uzpůsobením svíslé ose je uspořádání ramen, kyčlí, kolen a kotníků v jedné ose a dvouosvitě zakřivení páteře. Nevýhodou vzpřímené chůze je ovšem úzký pánevní otvor, který vyžaduje ve srovnání s jinými primáty porod méně vyvinutých dětí. Pravdou ovšem je, že za porod nesamostatných dětí nemůže pouze naše vzpřímená chůze, ale také velký objem mozku, díky kterému mají lidští novorozenci relativně větší hlavu než mláďata jiných primátů. Díky vertikálně uložené děloze je u lidí rovněž častější tzv. prolaps dělohy, tedy její vyhřeznutí do poševní klenby. Rovněž inkontinence moči a stolice je dána vzpřímenou chůzí.

1. Jak se odborně nazývá primární kost, která vznikne při hojení zlomeniny?
2. Uveďte hlavní minerály, které se podílí na mineralizaci kosti.
3. V jakých kostech je zachována krvetvorba v dospělosti?
4. Zkuste vymyslet další modifikace kostry, kterými se liší člověk od primátů. Proč se vyvinula?
5. 77letá pacientka byla přijata na ortopedii po pádu v koupelně se zlomeninou krčku stehenní kosti levé dolní končetiny. V rámci interního předoperačního vyšetření před zamýšlenou náhradou krčku byla internistou zjištěna akutní příhoda břišní. Pacientka byla přeložena na chirurgii, kde provedena urgentní operace – resekce 150 cm nekrotického střeva. Vzhledem k rozvinutému šoku a nutnosti umělé plicní ventilace byla z důvodu absence volného ventilátoru na chirurgii přeložena na infekční JIP. Fraktura krčku zatím operována nebyla.
 - a. Proč došlo ke zlomenině krčku stehenní kosti?
 - b. Jak nazýváme tento typ zlomeniny?
 - c. Zkuste vymyslet, proč zatím nebyla operována zlomenina krčku, ale přesto byla provedena resekce střeva.
6. 55letý pacient s těžkou formou diabetu mellitu byl přijat na infekční oddělení pro týden trvající horečku. Pacient má v rámci své cukrovky již amputovanou pravou dolní končetinu pod kolenem. Na levé dolní končetině má povrchový defekt, který se několik let nehojí. Po přijetí je poměrně snadno diagnostikována sepse, v hemokulturách je zachycen *Streptococcus agalactiae* a nasazena antibiotika – Oxacilin a Ceftriaxon. Navzdory dobré citlivosti k antibiotikům zánětlivé parametry klesají velmi pomalu a klinický stav pacienta se horší. Třetí den hospitalizace dochází k rozvoji deliria a pacient spadl z postele a pro poruchu vědomí a nízký tlak byl přeložen na JIP. CT mozku je v pořádku, ale dochází k rozvoji paraplegie – ochrnutí obou dolních končetin. Dle fyzioterapeutky ovšem byla porucha

chůze přítomna ještě před pádem. (Před přijetím do nemocnice pacient chodil na protéze.) Proto byla doplněna magnetická rezonance páteře, s nálezem epidurálního abscesu míchy na přechodu krční a hrudní míchy. Dále byla zjištěna infekce kloubu posledních dvou bederních obratlů. Během vyšetření na magnetické rezonanci dochází k rozvoji dechové tísně a po návratu na oddělení musel být pacient zaintubován a zahájena umělá plicní ventilace. Ještě ten den byla domluvena na ortopedii urgentní operace.

- a. Proč je operace míchy prováděna na ortopedii? Co přesně se nejspíš muselo operačně řešit, u takto nestabilního pacienta – mícha, nebo infekce kloubů bederních obratlů?
- b. *Streptococcus agalactiae* nebývá příliš typickým původcem infekcí kostí. Jaké infekce nejčastěji způsobuje?
- c. Co bude branou vstupu infekce u našeho pacienta?
- d. *Prémiová otázka: Ještě cestou z magnetické rezonance pacient podstoupil CT hrudníku. Podle nálezu na CT hrudníku bylo jasné, že spontánně dlouho dýchat nebude (tedy pokud by to nebylo jasné ze spotřeby 18 l kyslíku za minutu vedoucí do kyslíkové masky a zhoršující se klidové dušnosti). Na CT hrudníku byl nález oboustranného zápalu plic mapovitě rozestém po celém hrudníku, nicméně zatím ještě nevypadající jako absces. Zároveň nález neodpovídal typickému nálezu ARDS – syndromu akutní respirační tísně. Zkuste vymyslet, jak by k takovému plicnímu postižení mohlo dojít – nemohl by mít infekci ještě někde jinde, ze které by sekundárně vzniklo vícečetné infekce míchy a plicní infekce?*

