

3. ročník (2018/2019)



## 3. SADA

Autorské řešení



Jan Mičan

## 1. Úloha na sílu!

20 bodů

Svaly zaujímají více než třetinu naší hmotnosti. I když mluvíme o normálním člověku, ne o silákovi dole na obrázku, většina naší interakce se světem se děje skrz ně. Souhra pohybů vyžadující složité řízení a co nejvyšší energetickou efektivitu jak při krátkodobé, tak při mnohahodinové zátěži. To by v tom byl čert, abychom jako živočichové neměli spoustu zajímavých adaptací a mechanismů, a aby o tom nebyla v IBISu úloha. Na začátku se zaměříme na mechanismus, jakým se my a ostatní živočichové pohybujeme, a to od toho nejmenšího rozlišení až po důsledky na celé tělo.



1. Vyřeš následující křížovku odhalující názvy nezbytných součástí, ze kterých si poskládáme "buňku" příčně pruhovaného svalu. Proč je buňka v uvozovkách? [4 b]

- 1: sarkomera
- 2: adenosintrifosfát
- 3: myoglobin
- 4: vápník
- 5: aktin
- 6: titin
- 7: troponin
- 8: myosin



3. jak se jmenuje bílkovina, která dává masu a svalům červenou barvu?

5. protein tvořící většinu buněčné kostry - cytoskeletu, nejen ve svalových buňkách.

7. tento protein má 3 typy T, I a C.

8. ve funkční jednotce svalu má enzymatickou aktivitu

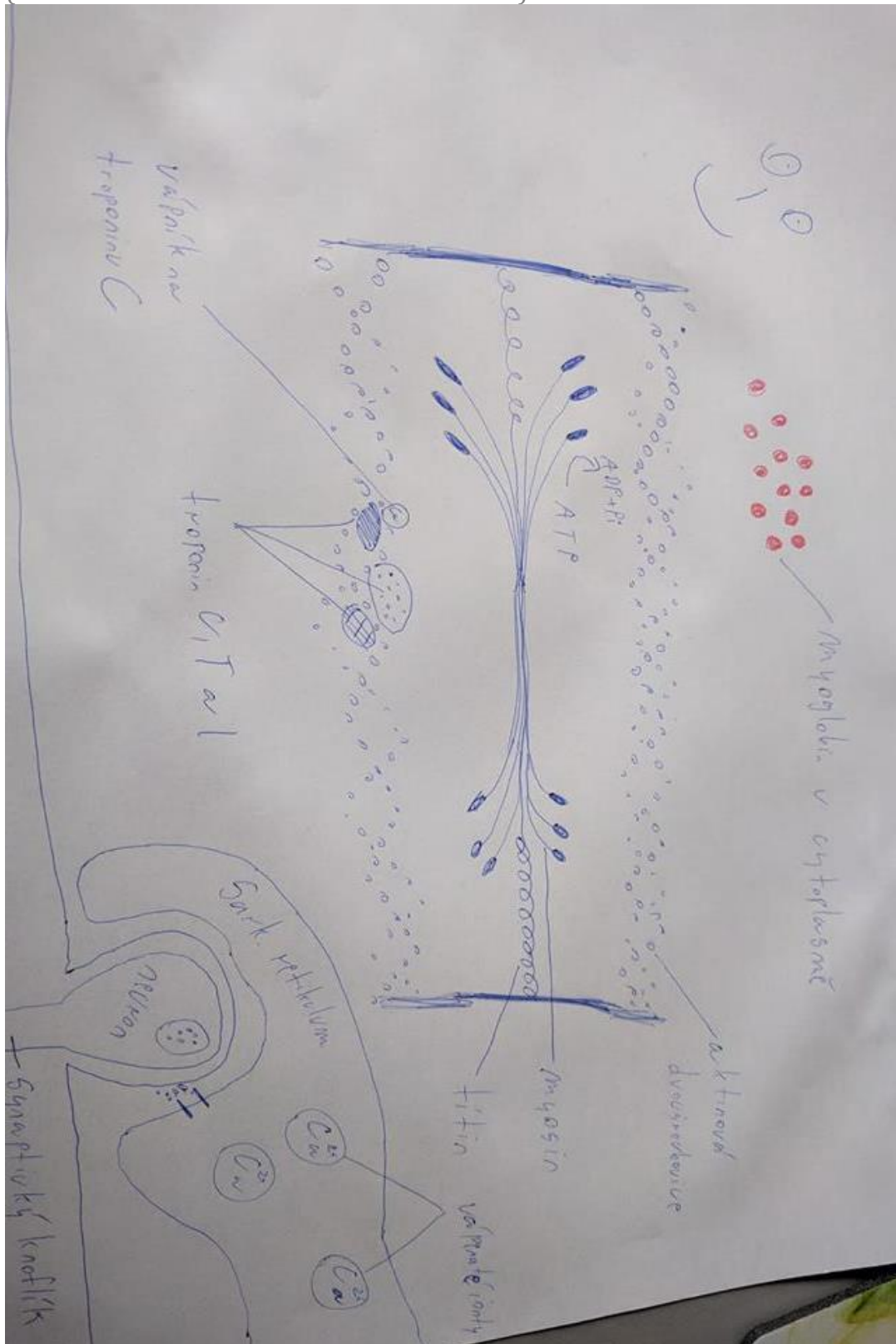
1. základní funkční jednotka příčně pruhovaného svalstva

2. 'palivová molekula' spotřebovaná při svalovém stahu.

4. jeho nedostatek způsobuje mimo jiné svalovou ochablost. Je nutný pro svalový stah a proti ostatním součástím je velice malý.

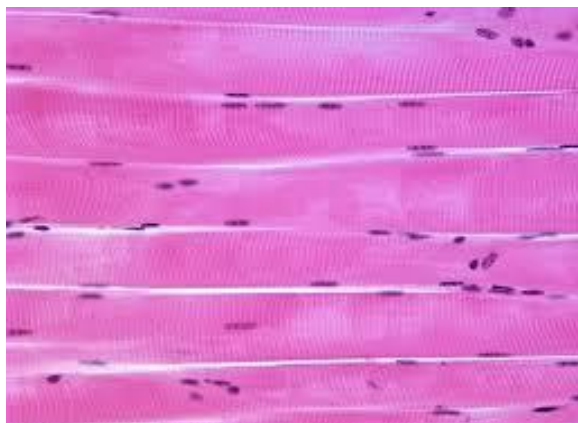
6. velmi elastický, pravděpodobně nejdelší lidský protein

2. Vezmi si papír, něco na kreslení a pomocí jemné motoriky nakresli barevně svalovou buňku. Vyznač všechny komponenty, které jsi objevil/a v úloze předchozí. [4 b]  
(Omlouvám se za své kreslířské neumětelství)



3. Tak buňku už máme, pojďme provést svalový stah. Doplň slova do následujícího odstavce. Doplň jedno slovo, pokud není uvedeno jinak. [9 b]

Svalový stah příčně pruhovaného vlákna vyvolává impuls od nervové buňky, ke kterému dojde na místě na membráně zvaném nervosvalová ploténka. Na ni zevnitř těsně přiléhá membrána sarkoplazmatického retikula. Přes soustavu receptorů je předán signál a do cytoplazmy se vylévá vápník/vápenatý iont (1 nebo 2 slova, záleží na tobě). Tento iont se v cytoplazmě váže na troponin typu C. Ten se oddělí od aktinu a tím uvolní místo, kam se může následně vázat myosin. Navázání vyvolá změnu tvaru do ohnuté formy, což způsobí posun myosinu a zkrácení sarkomery. Molekula, která se předtím ohnula a dostala se do stavu s nízkou energií, se musí opět napřímit, což vyžaduje energii ve formě ATP. Celý cyklus pak může začít znova.



4. Vznik svalového stahu jsme si vysvětlili, ale co jeho zánik? Dalo by se říct, že pro pokračování stahu jsou nutné dvě věci, a to vápenatý iont a ATP jako zdroj energie. Jakým způsobem se dostane vápník od svalového vlákna pryč? [2 b]

Vápník je vyčerpáván z cytoplazmy zpět do retikula kalciovou pumpou závislou na ATP (v příčně pruhovaném svalu tzv. SERCA - sarcoplasmic reticulum  $\text{Ca}^{2+}$  ATPase).

5. Gustav Frištenský, jehož vidíš na obrázcích v celkovém pohledu (první strana této úlohy) a pod mikroskopem (tato strana) nebyl silný jen na těle, ale i na duši, a podporoval proto protinacistický odboj za druhé světové války. Byl vězněn v koncentračním táboře a vyslýchán, smrti z rukou nacistů však unikl a zemřel v úctyhodném věku 77 let. Jaký důsledek měl mechanismus zmíněný v předchozí úloze na jeho muskulaturu poté, co zemřel? [1 b]

Jelikož mrtvé buňky již neprodukují ATP, vápník se dostává samovolně ze sarkoplazmatického retikula a SERCA ho nemůže přečerpávat. Vápenatý iont obsazuje troponin C, myosin se naváže pevně na aktin a nemůže se odpojit, jelikož nemá ATP (kdyby ho měl, navázal by se stejně na jiné místo). Tím vyvolá posmrtnou svalovou ztuhlost - rigor mortis.

6. Pokusím se Gustavovi přiblížit a udělám 50 kliků. Pošli svůj tip času, za jak dlouho se mi to podaří (sekundy, minuty, hodiny, dny, roky...). Tři nejlepší odhady budou jmenovány v autorském řešení. [0 b, bonusová úloha]

Adéla Indráková

## 2. Vrána k vráně sedá,...

20 bodů

... rovný rovného si hledá. Aneb když se jednodušší molekuly párují či sdružují s jinými molekulami, aby vytvořily makromolekuly. U sacharidů, jak jste se dozvěděli minule, se monosacharidy slučují v disacharidy až polysacharidy. A jedním pro lidský organismus významným polysacharidem je glykogen.

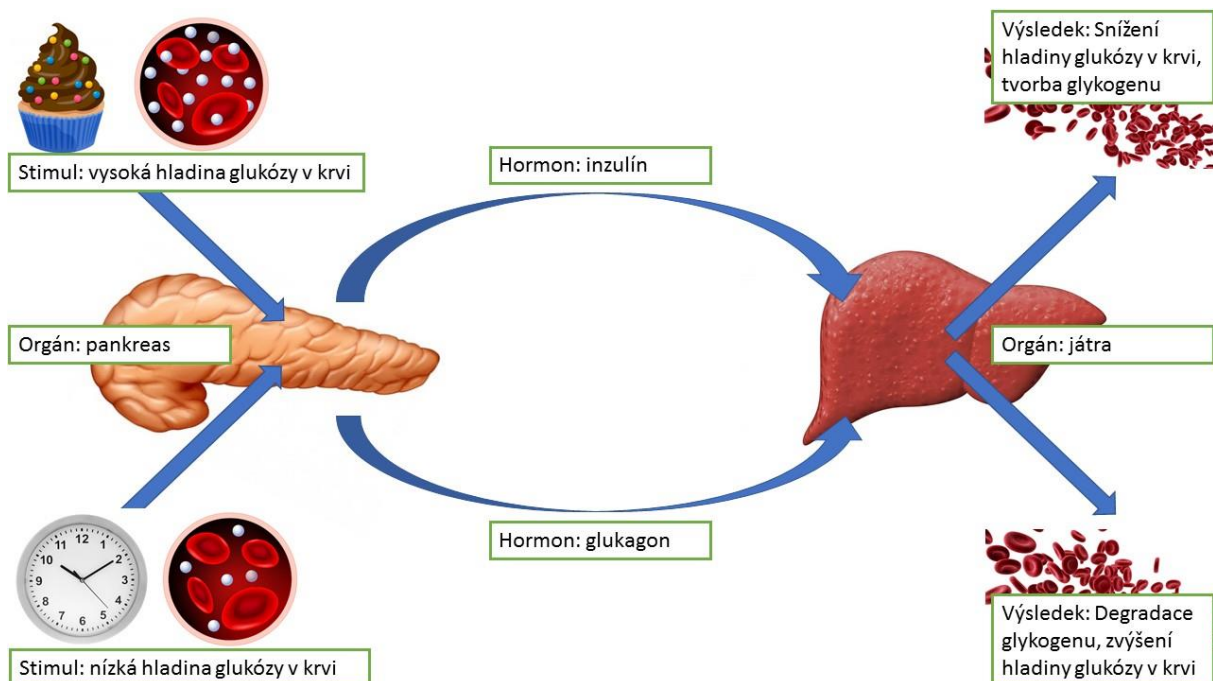
### 1. Kde se u lidí nachází glykogen? Jaká je jeho funkce? [1 b]

Nachází se v játrech a kosterních svalech.

### 2. Jestliže jsou zásoby glykogenu v těle vyčerpány, které další látky tělo využije? [1 b]

Nejprve je využita volná glukóza v krvi, pak je na glukózu štěpen glykogen. Po vyčerpání zásob glykogenu může získávat organismus energii z tuků, popřípadě štěpením bílkovin.

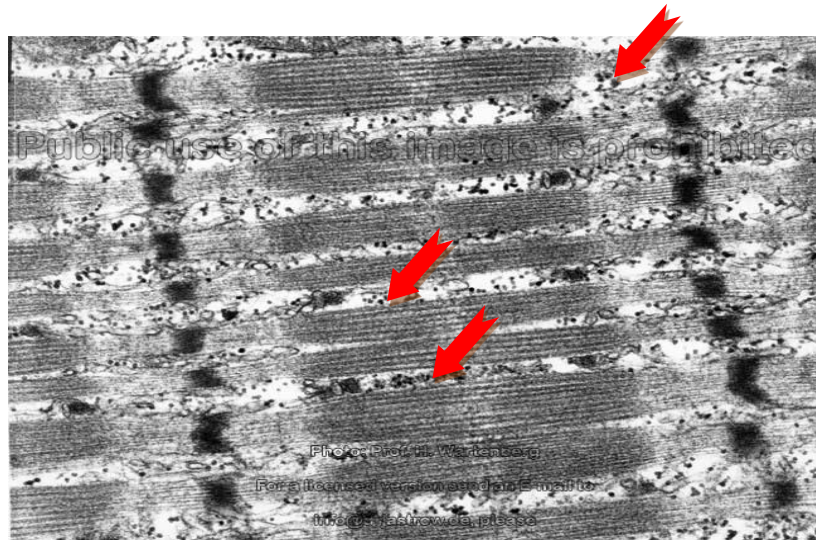
### 3. Na regulaci syntézy a degradace glykogenu se podílí dva důležité hormony a dva důležité orgány. Které? Doplňte a **popište** zpětnovazebnou regulaci a faktory, které ji ovlivňují. [2 b]



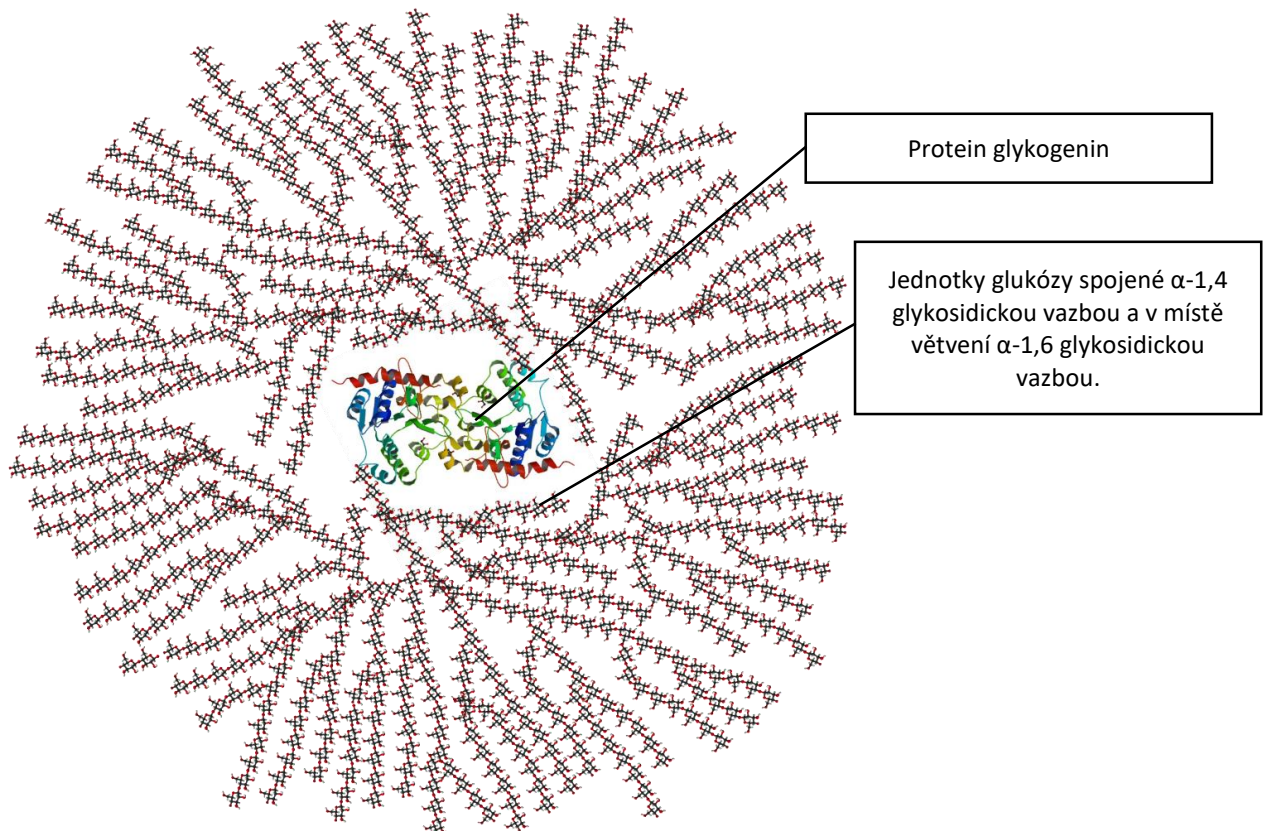
Po jídle se do krevního řečiště vstřebá z trávicího ústrojí glukóza a dojde ke zvýšení jejího množství v krvi. Vysoká hladina glukózy v krvi vede k sekreci inzulinu ze slinivky břišní. Inzulin v buňkách různých tkání zvyšuje vstřebávání glukózy a v játrech stimuluje syntézu glykogenu z glukózy. Tím se hladina glukózy v krvi sníží a inzulin není dále sekretován. V případě hladovění dojde k poklesu krevního cukru a slinivka uvolňuje hormon glukagon. Ten v játrech urychluje a katalyzuje rozklad glykogenu na glukózu, která je uvolněna do krevního řečiště. Hladina glukózy v krvi se tak zvýší a ustává sekrece glukagonu.

4. V jaké formě je glykogen uložen v následující tkáni? Jak taková struktura s glykogenem vypadá (co je uvnitř, chemická vazba, uspořádání podjednotek)?  
Načrtněte a popište ji! [2 b]

Jedná se o příčně pruhovanou svalovinu. Glykogen je tam uložen ve formě granulí. Elektronodenzní struktury na obrázku vyznačené červenou šipkou.



Obrázek: Struktura granule glykogenu<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Häggström, Mikael (2014). "[Medical gallery of Mikael Häggström 2014](#)". *WikiJournal of Medicine* 1 (2)

V přírodě se však nekombinují jen cukry s cukry a lipidy s lipidy. Mnohé důležité látky jsou kombinací bílkovin, tuků, iontů, sacharidů či rovnou všech jmenovaných.

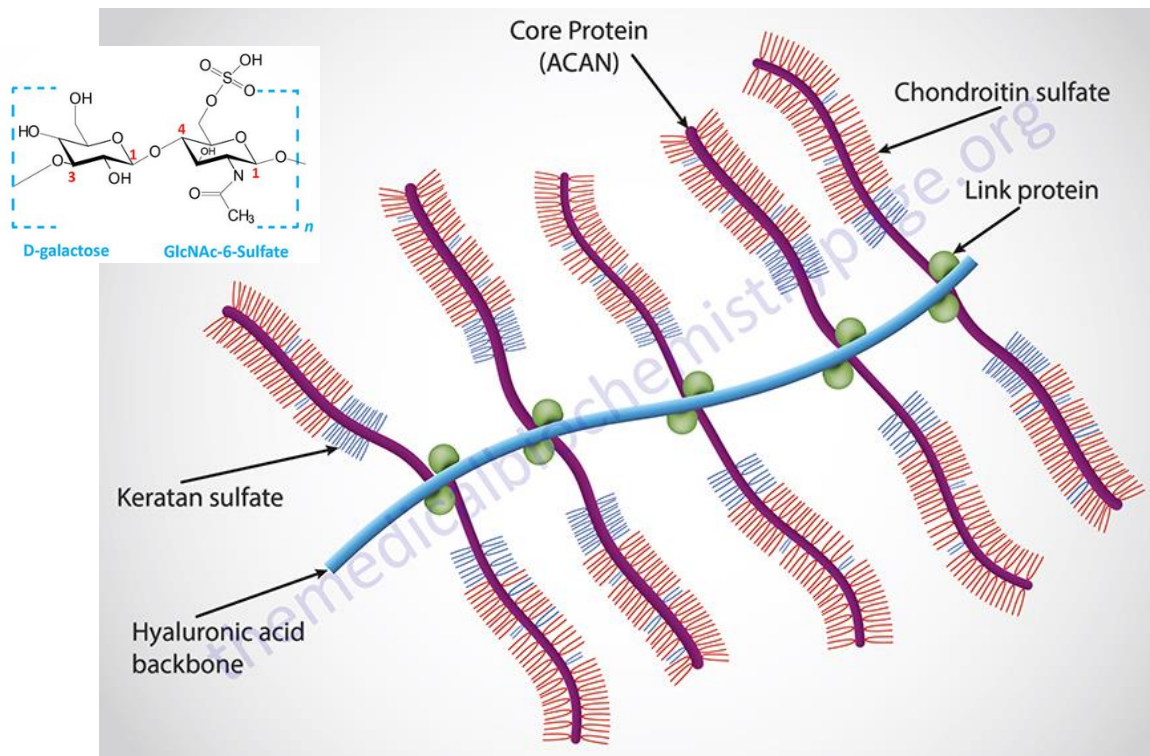
**5. Objasněte pojmy proteoglykan a glykoprotein.** [1 b]

Glykoproteiny jsou proteiny, na které je navázaný řetězec sacharidu, hmotnostně dominantní složkou je protein. Proteoglykany jsou látky, kde převažující složkou je sacharid a proteinová část často tvoří jádro, na které se sacharidy vážou.

Proteoglykany jsou významnou součástí extracelulární matrix a hlavně kloubů. V mnoha reklamách nabízejí látky pro výživu kloubů, jako jsou chondroitin sulfát, glukosamin sulfát a kyselina hyaluronová.

**6. Načrtněte strukturu proteoglykanu chrupavky s vyznačením látek z předchozího textu.** [1 b]

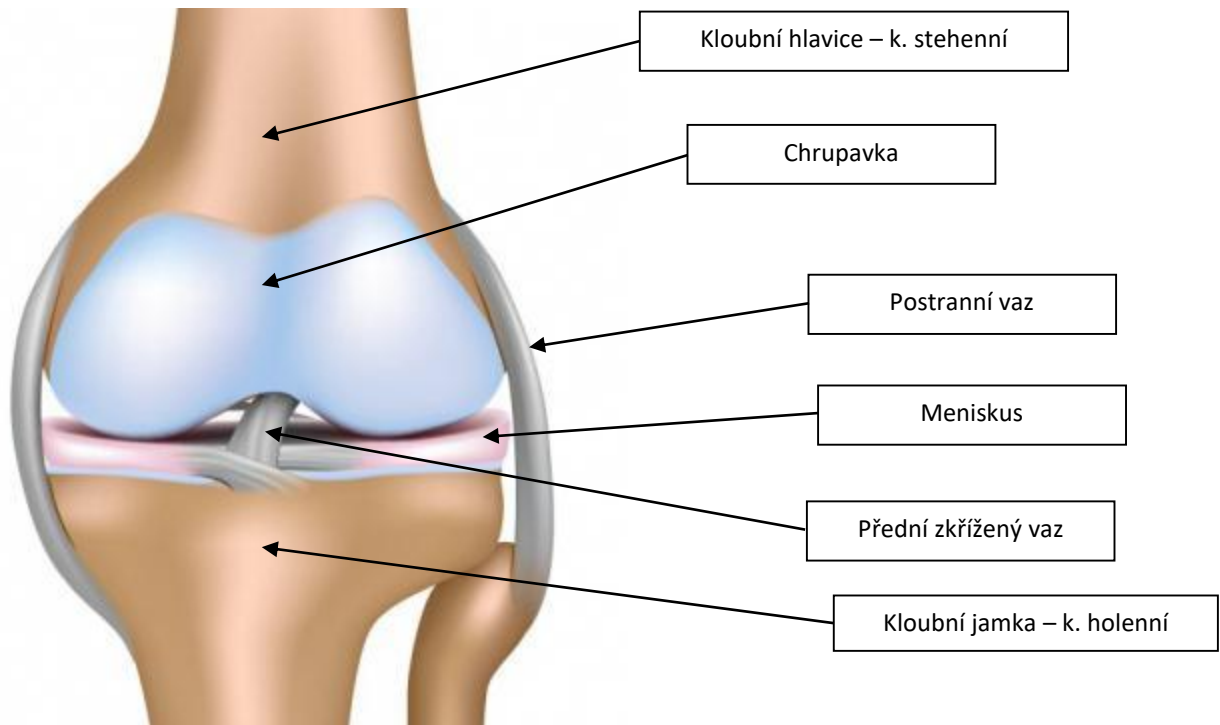
Glukosamin sulfát je součástí keratan sulfátu.



7. Jakým způsobem se vytváří kloubní chrupavka? [1 b]

Chrupavku vytváří buňky chrupavky, tzv. chondrocyty, které sekretují velké množství extracelulární matrix. Jedná se především o elastin, kolagen a proteoglykany.

8. Na obrázku vidíte kolenní kloub. Popište důležité anatomické struktury kloubního spojení. [1 b]



9. Zamyslete se nad tím, jak se potrava vstřebává a srovnejte to s tím, jak by nám dané přípravky měly pomoci. [1 b]

V trávicím traktu je veškerá strava i přípravky pro kloubní výživu rozloženy na základní stavební kameny, tj. monosacharidy, jednoduché aminokyseliny, mastné kyseliny. Teprve ty jsou vstřebávány do krevního řečiště. Pokud potřebujeme více chrupavky, nebo konkrétně kyseliny hyaluronové v kloubech, pak ji buňky dané tkáně musí *de novo* vytvořit. Kloubní výživa tak dodává potřebné složky, ale nepřechází přímo do kloubů, a tak tak není jisté, jak velký příspěvek má užívání těchto doplňků stravy.

10. Glykoproteiny zastávají v organismu mnohé důležité funkce. Doplňte je do následující tabulky spolu s krátkým popisem struktury a složení uvedeného glykoproteinu. [5 b]

Glykoprotein	Funkce	Struktura
Kolagen	stavební – základní složka pojivové tkáně	levotočivá šroubovice složená ze tří podjednotek, které tvoří převážně glycin, prolin, hydroxyprolin a hydroxylysin
Kalnexin	Kontrola správného sbalování glykoproteinů v Endoplazmatickém retikulu	transmembránová doména, N konec do střed ER, C konce do cytozolu

Thyrotropin	hormon produkovaný adenohipofýzou stimulující syntézu a sekreci hormonů štítné žlázy	alfa podjednotka z 92 amk a beta podjednotka ze 18 amk
Mucin	lubrikanty	dvě domény – jedna bohatá na cystein, tvoří disulfidické můstky, druhá bohatá na serin a threonin, zde se vážou oligosacharidy
Lektin	vazba na sacharidy	variabilní podle typu lektinu, liší se v primární, sekundární i terciární struktuře
Imunoglobulin	imunita	typická struktura ze dvou lehkých a dvou těžkých řetězců připomínající písmeno Y
Alkalická fosfatáza	enzym – hydroláza	dimer ze dvou podjednotek, v každé 429 amk, pro funkci důležité 5 cysteinových reziduí, 2 atomy zinku a 1 atom hořčíku
Transferrin	přenos železa	globulární struktura se dvěma laloky, které váží Fe ion
Notch1	vývojové regulace	transmembránový receptor, extracelulární doména obsahuje glykosylované EGF-like repetic (Epidermal growth factor)
Interferon	signalizační protein při virových infekcích	diverzní, typ I je z pěti Alfa helixů

### 11. Poznej, o který glykan se jedná! [1 b] HEPARIN

V roce 1916 oznámila Světová zdravotnická organizace objev ....., v roce 1935 proběhly první klinické studie a od té doby se nachází na seznamu nejdůležitějších látek v medicíně. Používá se při léčbě žilní trombózy, plicní embolie a infarktu. Aplikuje se injekčně do podkoží nebo do žíly. Závažným vedlejším účinkem při použití tohoto léčiva je trombocytopenie.

### 12. Jakým mechanismem přispívá k léčbě a prevenci nemocí? [1 b]

Snižuje srážlivost krve vazbou na antitrombin III, který ireverzibilně inaktivuje trombin.

### 13. Jaká další léčiva mají podobný účinek? Jmenujte alespoň dvě. [1 b]

Warfarin, heparansulfát, NOAC (nová perorální antikoagulancia), hirudin, xabany, gatrany.

### 14. Základními stavebními jednotkami této látky jsou disacharidy. Které? [1 b]

Převážně glukosamin a glukuronová kyselina.

Marie Hájková, Daniel Pluskal

### 3. O barevných kuřatech

20 bodů

Papoušci. Majestátná, prudce inteligentní a až nadpozemsky hlučná stvoření, která obývají všechny tropické i subtropické regiony na Zemi. Už po tisíce let svou pestrobarevností a krásou udivují lidské kultury zejména Asie a Jižní Ameriky, což dokládá jejich vyobrazení v brazilských jeskynních malbách, výskyt v polynéské, peruánské nebo čínské lidové i náboženské slovesnosti, ale například i v nám blízkých Ezopových bajkách. Papoušci dle způsobu života a prostředí, ve kterém žijí, nabývají mnoha barev i velikostí.

#### 1. Který papoušek je největší? Který nejtěžší? Který nejmenší? Kde se tyto papoušci přirozeně vyskytují? [1 b]

Nejmenším papouškem je papoušínek okrovolící (*Micropsitta pusio*), který v dospělosti dosahuje délky pouze kolem 8,5 centimetrů a váhy 12 gramů. Tento papoušek přirozeně obývá vlhké nížinné lesy zejména Nové Británie, Nové Guinei a jejich okolí. Největším papouškem je ara hyacintový (*Anodorhynchus hyacinthinus*), kdy dospělec dorůstá až 100 centimetrů na délku a váží kolem 1,5 kilogramů. Arové hyacintoví obývají zejména řidší stromové porosty Brazílie, Bolívie, Paraguaye a výjimečně dalších jihoamerických států. V České republice se na ně můžete zajet podívat například do ZOO v Ostravě, Liberci nebo Zlíně. Nejtěžší papoušek je kakapo soví (*Strigops habroptila*). Dorůstá sice „pouze“ něco málo přes 60 centimetrů, může ale vážit až 4 kilogramy. Tento nelétavý noční papoušek je endemitem některých oblastí Nového Zélandu.

#### 2. Existuje nějaká základní nebo doplňková barva, která se u papoušků vůbec nevyskytuje? Pokud ano, která to je? [1 b]

Ne. Všechny základní barvy (modrou, červenou i žlutou) i zelenou pokrývá už například ara arakanga (*Ara macao*). Dalším barevným rekordmanem je lori mnohobarvý (*Trichoglossus haematodus*), kdy na jednom papouškovi najdeme všechny základní i doplňkové barvy kromě fialové. Fialovou barvu nalezneme například u samiček eklekta různobarvého (*Eclectus roratus*).

Ochranné zbarvení je velmi důležitou vlastností potřebnou pro přežití organismu. Živočichové nabývají většinou nenápadných odstínů, aby splynuli s prostředím, nebo pestrých a ostrých barev, aby upozornili na svou nebezpečnost nebo jedovatost. Někdy se může vyskytnout tzv. mimetismus, kdy neškodné organismy svým zbarvením napodobují zbarvení nepřibuzného a už ne zcela neškodného druhu.

#### 3. Jak je možné, že papoušci prosperují i přes své výrazné zbarvení? [1 b]

Papoušci svým výrazným zbarvením opravdu splývají s prostředím. Ostře zbarvení papoušci se přirozeně vyskytují v oblastech stálezelených deštných pralesů, kde jejich barvy velmi

dobře splývají s barvami například plodů nebo květů exotických rostlin. Výrazně zelení papoušci zase skvěle zapadají do všudypřítomného listoví.

Papoušci se jako řád taxonomicky dělí na tři čeledi a těmi jsou *Psittacoidea*, „praví“ papoušci, *Strigopoidea*, novozélandští papoušci, a *Cacatuoidea*, kakaduovití. U papoušků poslední zmíněné čeledi se objevuje velice výrazný znak, takzvaná chocholka, pernatý útvar na vršku hlavy, z jehož pozice můžeme usoudit mnohé například o tom, jak se papoušek cítí. Řeč těla je u papoušků obecně velmi důležitá také pro komunikaci anebo při námluvách.

4. Vezměme si za model korelu chocholatou (*Nymphicus hollandicus*). Tento pták je za andulkami druhý nejčastěji podomácku chovaný papoušek a právě řeč těla je pro chovatele velmi důležitá. Co může chovatel usoudit z následujících příkladů? [2 b]

- Chocholka volně přitažená k hlavě, konec chocholky zdvižený, korela píská.
  - Chocholka zdvižená a rovná, natažený krk.
  - Chocholka pevně přitažená k hlavě, konec chocholky natažený, korela syčí.
  - Korela ťuká zobákem o nějaký předmět.
  - Korela stojí na jedné noze, druhá je přitažená k břichu, hlava otočená a uložena mezi peřím na zádech.
- Korela je spokojená, klidná.
  - Korelu něco rozrušilo, je zvědavá, zkoumá okolí.
  - Korelu něco rozčiluje, zlobí se.
  - Korela dává najevo svoji teritorialitu („tohle je moje“) nebo chce pozornost.
  - Korela spí.

Vlastností, kterou papoušci vynikají nad ostatními ptáky, je jejich inteligence a významná schopnost se učit. Někteří divocí papoušci zvládnou velmi dobře používat jednoduché nástroje a řešit logické problémy, přičemž dodnes není jasné, zda je tohle chování u papoušků instinktivní, nebo se jej učí od svých rodičů. Nejvýraznější demonstrací učení papoušků je jejich schopnost napodobovat různé zvuky včetně lidské řeči, kterou dovedou v některých případech také chápat a asociovat s určitými událostmi, což bylo dokázáno například studii žako šedého (*Psittacus erithacus*) jménem N'kisi. Slovník tohoto papouška sestával ze zhruba 950 slov, které dovedl využívat v kontextu a formulovat je do syntakticky i gramaticky správných vět, přičemž nebyl závislý na naučených frázích – dokázal například odvozovat časování sloves, která neznal, nebo dokonce pojmenovávat předměty, které nebyly v jeho slovníku, kombinací slov, která znal.

5. Dalším pozoruhodně učenlivým papouškem byl Alex. Proč byly studie provedené na něm tolik významné? Proč se papoušek jmenoval právě Alex? Jaké mentální úrovně dosahoval ve srovnání s člověkem? [1 b]

Alex byl první papoušek, na kterém bylo dokázáno, že papoušci dovedou slova nejen „papouškovat“, ale i chápat. Alex se v průběhu třiceti let výzkumu naučil ovládat koncept barev, tvarů, materiálu a velikostí, počítat předměty a srovnávat je mezi sebou, dokonce dovedl odpovídat na komplexní otázky.

Když mu například byla předložena sada dvou červených, tří modrých a čtyř zelených kostek, dovedl zodpovědět otázku „Kolik kostek je zelených?“ nebo „Která barva je třikrát?“. Jméno Alex je akronymem pro avian language/learning experiment. Alex k závěru svého života dosahoval mentální úrovně zhruba pětiletého dítěte.

6. Papoušci dovedou napodobovat slova, přestože nemají hlasivky. Který orgán tedy využívají při mluvení a ostatních hlasových projevech? Kde se tento orgán nachází? [1 b]

Využívají orgán jménem syrinx, který se nachází v místě, kde se ptačí průdušnice rozděluje na průdušky.

7. Primáti a savci obecně využívají pro proces poznání a učení mozkovou kůru. Jak je tomu u papoušků? [1 b]

Zpěvní ptáci využívají pro učení a produkci ptačího zpěvu tzv. vyšší hlasové (vokální) centrum (HVC), které je lokalizováno v nidopalliu. Papoušci a ostatní ptáci schopní zpěvu však pravé HVC nemají, mají ale struktury, které jsou HVC velmi blízké, ale vyvinuly se nezávisle na HVC, jedná se tedy o formu homoplazie.

Anatomie papoušků je ve velké míře podobná anatomii ostatních příslušníků ptačí říše. Co je ale pro papoušky typické, je jejich masivní a velmi silný krátký zahnutý zobák a také nohy, které jsou schopny využívat jako nástroj lépe než jakýkoliv jiný pták. Postavení prstů na noze papouška je vhodné k uchopení předmětu a tedy využití nohou jako lidské ruky.

8. Jaký typ nohy pozorujeme u papoušků? Vyskytuje se u nich lateralita (dextralita/sinistralita)? Pokud ano, která lateralita mezi papoušky převažuje? [1 b]

U papoušků pozorujeme zygodaktilní typ nohy. Lateralita se u papoušků vyskytuje, přičemž převažují sinistrální (levonozí) papoušci.

9. Z jistého důvodu je studium divokých papoušků metodou značkování (kroužkování, wing tagging) velmi problematické a u větších papoušků často neuskutečnitelné. Co je tímto důvodem? Neuvažujte legislativní překážky. [2 b]

Ohebnost papoušků je společně s jejich vysokou silou skusu a pevností zobáku skutečným nepřítelem všech značek, které na tělo papoušků umístíte. Divocí papoušci nejsou na značky zvyklí a dovedou si je, přestože jsou značky například z hliníku nebo oceli, relativně jednoduše odkousnout a tím se jich zbavit.

10. Čím se papoušci živí? Co je zajímavého na výživě papoušků podčeledi loriové (*Lorinae*)? Proč se Nestoru kea (*Nestor notabilis*) přezdívá „požírač ovcí“? [1 b]

Jídelníček papoušků se sestává zejména ze semínek, dále pak ovoce, nektaru, pylu a pupenů, občas také členovců a dalších malých živočichů. Výživa loriů je vysoce specifická tím, že jsou tyto papoušci vysoce evolučně přizpůsobeni pro příjem pylu a nektaru jako svého primárního zdroje potravy.

Nestor kea, přestože je všežravec a živí se mimo jiné také rostlinnou stravou, se přezdívá „masožravý papoušek“ nebo „požírač ovcí“, protože velmi často vyhledává a loví nejen hmyzí larvy, ale také ostatní ptáky a malé savce. Útočí ale i na větší savce, a to typicky ovce, ale také psy nebo koně. Ovce ale neloví v pravém slova smyslu: nestor kea na ovce útočí a pomocí svého silného ostrého zobáku vyžírá tuk zejména z okolí ledvin jak mršin, tak i zdravých kusů.

Ovce potom umírá na následky infekce rány anebo zranění, které nezřídka utrpí při útěku před nestorem.

**11. Proč je možné pozorovat divoké papoušky, jak požívají mokré jílo? [1 b]**

Semena, primární zdroj potravy většiny papoušků, často obsahují toxické nebo dráždivé látky, které mohou mít nežádoucí vliv na zdraví papoušků. Papoušci proto polykají kousky jílu, který toxiny adsorbuje a bezpečně odvádí z těla.

Hnízdění papoušků je velmi variabilní a liší se od druhu k druhu. Někteří papoušci hnízdí soliterně, jiní koloniálně, u některých druhů papoušků dokonce dochází k fenoménu takzvaného kooperativní hnízdění, kdy se o nově vylíhlá mláďata starají nejen rodiče, ale také ostatní ptáci z hejna. Pro všechny papoušky jsou ale společné u kakaduovitých relativně jednoduché, u pravých papoušků ale nápadité a působivé námluvní tance, postoje a další procesy, pomocí kterých zpravidla sameček usiluje o samičku a takový papouščí pár spolu poté prožije zpravidla celý zbytek života.

**12. Jak papoušci obvykle hnízdí? Co je pravdy na zprávách o papoušcích, co hnízdí v termištích? [1 b]**

Papoušci hnízdí převážně v dutinách stromů a dalších podobných místech. Dutiny si zpravidla nevytvářejí, ale využívají a upravují dutiny stávající, což může být v případě odlesňování problém. Pouze některé druhy papoušků, například mníšek šedý (*Myiopositta monachus*) anebo některé druhy papoušičků (*Agapornis*), si staví hnízda, kakapo soví (*Strigops habroptilus*) například hnízdí na zemi. Zprávy o papoušcích hnízdících v termištích jsou pravdivé, takoví papoušci žijí s termity zpravidla v přátelství.

**13. Je možné na první pohled jednoznačně určit pohlaví papouška? Pokud ano, jak? Pokud bychom pozorovali papouška čeledi *Psittacidae* sedět na vejcích, jaké bude zpravidla jeho pohlaví a složení pohlavních chromozomů? Jak by tomu bylo u papouška čeledi *Cacatuidae*? [2 b]**

Pohlaví papoušků není obecně možné určit na první pohled. Lze to pouze u některých druhů, například u andulek (*Melopsittacus*) nebo eklektů (*Eclactus*), a to dle zbarvení ozobí, respektive peří. Papoušek z čeledi *Psittacidae* sedící na vejcích bude zpravidla samice. Protože složení pohlavních chromozomů ptáků, a tedy i papoušků, je typu abraxas, samice bude heterogametická. U papoušků čeledi *Cacatuidae* se oba partneři v sezení na vejcích střídají, není proto možné jednoznačně určit pohlaví jedince sedícího na vejcích.

**14. Jsou čerstvě vylíhlá ptáčata papoušků altriciální nebo prekociální? Jak se tyto dva typy mláďat označují v souvislosti s ptáky? [1 b]**

Ptáčata papoušků jsou holá nebo porostlá prachovým peřím, jsou nesoběstačná a vyžadují péči rodičů, jsou tedy altriciální, respektive nidikolní. U ptáků se termíny altriciální a prekociální zpravidla nepoužívají a jsou nahrazeny pojmy nidikolní/nidifugní.

15. Co je zvláštního na papouškovi ara titulovaném „harlekýn“? [1 b]

Ara „harlekýn“ (*Ara ararauna* x *Ara chloropterus*) není čistokrevným druhem a jedná se o křížence ary ararauny (*Ara ararauna*) a ary zelenokřídleho (*Ara chloropterus*). Dalším podobným mezidruhovým křížencem ary ararauny je například ara „catalina“ (*Ara ararauna* x *Ara macao*), který je křížencem s arou arakangou (*Ara macao*).

Papoušci byli už od pradávna považováni za takřka posvátné tvory. Cena papoušků byla tak závratně vysoká, že si jejich chov mohli dovolit jen ti nejbohatší a nezřídka byli tito ptáci chováni v klecích z drahých kovů vykládaných drahokamy a slonovinou. Tento trend setrval až do osmnáctého století, kdy si například andulky mohla dovolit i střední třída.

Klece se začaly namísto na zakázku vyrábět sériově, cena papoušků ale mnohdy zůstala, a dodnes zůstává, stále vysoká. Tento fakt je ale bohužel lákadlem a motivací pro pytláctví a pašeráctví, kdy zákaz exportu papoušků z jejich přirozeného prostředí i importu do cílových zemí dále zvyšuje jejich cenu.

16. Díky obchodu s exotickými ptáky došlo také k významnému rozšíření původně lokalizované nemoci, známé pod zkratkou PBFD. Co tato zkratka znamená? Jak se nemoc nazývá česky? Kdo je jejím původcem a jak se nemoc přenáší? Jaké jsou nejvýraznější projevy nemoci? Je nebezpečná pro člověka? Je léčitelná? [2 b]

Zkratka PBFD je zkratkou pro anglický název nemoci „Psittacine Beak and Feather Disease“. Český název nemoci je „cirkoviróza papoušků“, dříve se nemoc nazývala pomocí překladu anglického názvu jako „Onemocnění zobáku a peří papoušků“, přešlo se ale ke vhodnějšímu a konkrétnějšímu současnému označení.

Původcem nemoci je virus z čeledi Circoviridae, protože se jej ještě ale nepovedlo kultivovat in vitro, není známý způsob jeho reprodukce. Sekvence jeho ssDNA je ale velmi konzervovaná a proto je možné jej identifikovat metodou PCR. Přenos mezi papoušky je možný skrze prach z peří, kontaminovanou vodu, krmivo nebo trus, nemoc je také dědičná.

PBFD se akutně projevuje nejprve letargií, nechutenstvím, zvracením a průjmem, později malformitami a nekrózou v oblasti peří, zobáku a drápů. Vše je doprovázeno oslabením imunitního systému ptáka, což často vede k jeho úhynu následkem sekundárních infekcí. Pokud se jedinci podaří překonat akutní fázi nemoci, vyskytne se fáze chronická, která se projevuje malformitami peří při každém přepeřování a následně plešatostí. Nemoc není nebezpečná pro člověka ani ptáky mimo čeleď Psittacoidea. Nemoc zatím bohužel není léčitelná, některé druhy ptáků ale mají schopnost se spontánně uzdravit.

*doc. RNDr. Pavel Babica, Ph.D.*

Docent Babica patří mezi přední vědce a pedagogy centra RECETOX na Masarykově univerzitě. Získal zde svůj doktorát v oboru Chemie životního prostředí v roce 2006. Má bohaté zahraniční zkušenosti z Michigan State University, kde strávil víc jak 3 roky. Mezi vědecká témata, kterým se ve svém výzkumu zabývá, patří studium sinic a jejich metabolitů, zejména pak studium jejich toxicity na molekulární a buněčné úrovni pomocí nejnovějším zobrazovacích a kultivačních technik.

V současné době vede výzkumný tým [SECANTOX](#). Je také vedoucím pracoviště Buněčné a tkáňové toxikologie a v oblasti výzkumu toxických sinic a jejich zdravotních rizik spolupracuje také s Botanickým ústavem AV ČR, Biofyzikálním ústavem AV ČR nebo Centrem Algatech. Patří mezi nové fanoušky IBISu, protože jako učitel a vedoucí mnoha studentů ví, jak je důležité podporovat vás, mladé a nadšené vědce.



Následující úloha je první, kterou si pro IBIS pan docent připravil, a my doufáme, že není ani poslední. Proto neváhejte, a klidně napište Zuzce Novákové a ona již zajistí, aby se všechny vaše dotazy a postřehy k panu docentovi dostaly.

## 4. Voda plná květů

20 bodů

Znáte ten vtip, jak si zelená bakterie dobírá tu modrou? A modrá už to nevydrží a říká: „Však počkej, já to někam dotáhnu a ty, zezelenáš závistí!“ Že neznáte? On už je to taky pár let, co se to stalo. Na den přesně, zhruba tři a půl miliardy! Zarputilé modré bakterie se hned ráno pustily do díla a ukázaly všem, zač je toho loket. Intenzivně pracovaly několik let a pak ještě pár miliónů let navíc a zamořily atmosféru kyslíkem. Zelené bakterie skutečně zezelenaly závistí, protože děti ve škole se dnes učí o cyanobakteriích (cyan = modrý) neboli sinicích (siný = modrý), jako o jednom z největších faktorů, který ovlivnil dějiny Země, zatímco na ty zelené už si nikdo nevzpomene. Nutno dodat, že sinice svým činem taky pěkně naštvaly do té doby vládnoucí anaerobní organismy, ale ani o těch tato úloha není.

1. Vyber, která fotosyntetická barviva najdeme v sinicích? [2 b]
  - a) chlorofyl  $a$
  - b) fykoerythrin a fykocyanin
  - c) bakteriochlorofyl
  - d) karotenoidy
  - e) chlorofyl  $c$
  - f) chlorofyl  $d$

Sinice jsou sice evolučně „jen“ hodně namakané bakterie, ale mají mnoho společného se zelenými rostlinami, například obsahují enzym Rubisco.

2. Kterou reakci tento enzym katalyzuje a kde se v sinicích nachází? [1 b]

Za přítomnosti CO<sub>2</sub> tento enzym katalyzuje karboxylaci substrátu (ribulosa-1,5-bisfosfát). Jinými slovy je zodpovědný za fixaci oxidu uhličitého v Calvinově cyklu během fotosyntézy. V sinicích bychom jej našli lokalizovaný v karboxyzómech.

*pozn. Rubisco může taky substrát (ribulosa-1,5-bisfosfát) oxidovat na fosfoglykolát a 3-fosfoglycerát v procesu fotorespirace.*

Oproti zeleným rostlinám, které zpracovávají oxid uhličitý, mají sinice další výhodu získanou dlouhou evolucí. Disponují totiž až 5 systémy pro příjem uhlíku. Dva jsou zaměřeny na oxid uhličitý a tři další na příjem uhlíku ve formě HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Čímž mohou sinice lépe reagovat na změny koncentrace rozpuštěného CO<sub>2</sub> ve vodě. Jenže enzym Rubisco umí zpracovávat pouze uhlík ve formě CO<sub>2</sub>.

### 3. Jak si s tím sinice poradily? [1 b]

Sinice přijatý hydrogenuhličitán převádějí na oxid uhličitý za pomoci enzymu karbonát-anhydrázy (anhydrázy kyseliny uhličitě).



Reakce probíhá oběma směry v závislosti na pH. Tato anhydráza je lokalizovaná taky v karboxyzómech, blízko enzymu Rubisco, takže tvorba CO<sub>2</sub> v blízkosti Rubisco navíc napomáhá tomu, aby Rubisco používalo jako substrát a fixovalo CO<sub>2</sub>, namísto kompetitivní fotorespirace.

Dalším nezbytným prvkem pro život sinic je dusík. Ten obvykle přijímají ze svého okolí ve formě amoniaku nebo dusičnanu, ale v prostředí, které je na dusík chudé, si sinice vyvinuly další mechanismus, jak to svým konkurentům (za předpokladu, že mají dostatek železa a fosforu) opět nandat.

### 4. Některé druhy sinic jsou schopny vázat vzdušný dusík a čerpat tak z obrovského zdroje, který je pro mnohé eukaryotické organismy nedostupný. Fixace dusíku je energeticky náročná a je zajišťována enzymem nitrogenázou, a protože tento děj je velmi citlivý na přítomnost kyslíku, probíhá ve speciálních buňkách zvaných heterocyty. [2 b]

Sinice milují světlo, ale občas je ho moc a příliš UV záření škodí přeci každému. A občas je někde moc teplo a někdy málo živin, zatímco jinde to vypadá mnohem útulněji. A tak si sinice našly jednoduchý způsob cestování. Často můžeme u prokaryot najít nějaký rotující bičík. Ten ovšem potřebuje palivo (chemickou energii) a tu převádí na mechanickou. Existuje ovšem něco jednoduššího, evolučně staršího a něco, co namakané sinice samozřejmě mají. Aerotopy!

### 5. Co je to aerotop? Čím je tvořen a k čemu je dobrý? [2 b]

Aerotopy jsou vzduchové měchýřky (ang. gas vesicles), které sinice využívají k nadnášení. Jejich stěny jsou tvořeny pouze glykoproteiny a jsou naplněny plyny. Sinice mohou jejich tvorbu i zánik regulovat a pohybovat se tak ve vodním sloupci dle aktuálních podmínek. Dalším mechanismem, jak sinice regulují svou vznášivost, je např. výroba škrobu. Sinice na světle a v teple vyrobí dost škrobu, čímž „ztěžkne“ a klesne do stínu (někdy tam může být více živin – N, P), dokud svůj zásobní škrob zase nespálí.

Kromě výše zmíněných vymožeností, které sinicím umožňují rychlou adaptaci na změny podmínek prostředí a díky kterým osídlily snad všechny ekosystémy, nedají toxikologům spát kvůli svým metabolitům označovaným hrozivým slovem cyanotoxiny. Zajímavé je, že u mnohých z nich není dosud objasněno, proč je sinice vlastně produkují. Tyto významné sekundární metabolity sinic se řadí do několika kategorií.

6. Přiřaď k sobě kategorii a mechanismus účinku [3 b]

Kategorie	Účinek
lipopolysacharidy	neurotoxicita (blokace napěťově řízených Na <sup>+</sup> kanály neuronů)
alkaloidy, např. saxitoxiny	aktivace imunitního systému, zánět
cyklické peptidy, microcystiny a nodulariny	neurotoxicita (vazba na acetylcholinový receptor)
alkaloidy, např. anatoxin-A	hepatotoxicita (inhibice syntézy proteinů díky odpoutání ribozomů z drsného ER)
alkaloidy, např. cylindrospermopsin	hepatotoxicita (inhibice proteinových fosfatáz)

Samotné cyanotoxiny by ještě nebyly tak špatné, jen kdyby se jich nevyskytovalo tolik. Největších koncentrací dosahují ve vodě při takzvaném vodním květu.

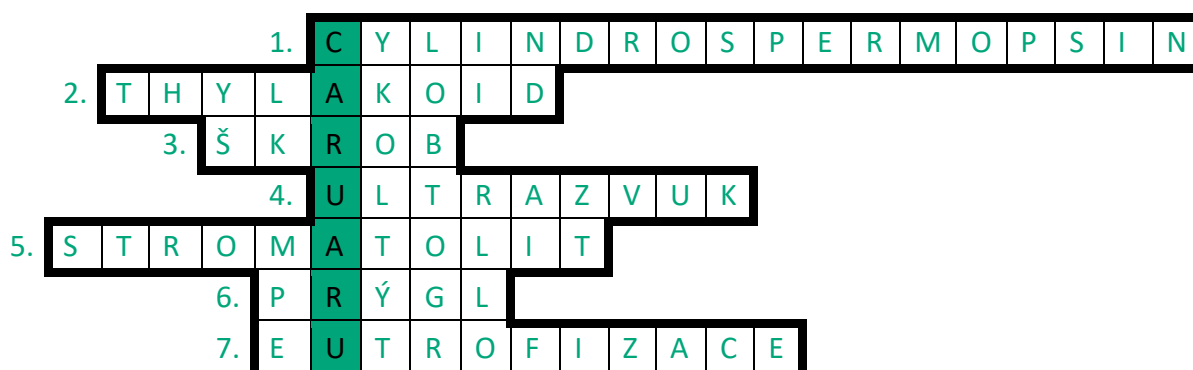
7. Popište, o jaký fenomén se jedná a jak k němu člověk přispívá. [4 b]

Vodní květ označuje situaci, kdy se ve vodě přemnoží sinice. Často je příčinou činnost člověka. Z nejvýznamnějších faktorů jmenujme eutrofizaci vod, ke které dochází splachováním hnojiv bohatých na dusík a fosfor. Z těchto živin velmi profitují rychle rostoucí sinice. Nejen, že zaplní vodní hladinu i vodní sloupec, takže brání dalším organismům v přístupu ke světlu, ale po čase dochází k jejich úhynu a obrovské množství rozkládající se biomasy spotřebuje mnoho rozpuštěného kyslíku, že můžou nastat až anoxické podmínky (opět negativně ovlivňující ostatní organismy ve vodě). Navíc při rozpadu sinicových stélek dochází k vylití jejich často toxického obsahu buněk do vodního tělesa. Výsledkem je jedovatá, na kyslík chudá voda, nepoužitelná pro zemědělské či rekreační účely. Bohužel je tato situace stále častější nejenom v České republice, ale obrovské plochy zaujímají vodní květy např. v kanadských jezerech (jezero Erie: květ o rozloze 5 000 km<sup>2</sup>), v čínských nádržích (Taihu: 2 400 km<sup>2</sup> zamořeno), ale i mořích (Baltské moře: květy o ploše 200 000 km<sup>2</sup>).



Vodní květy ale nejsou v historii planety žádnou novinkou. Otravy sinicemi byly doloženy i v prehistorických nálezích hromadných úmrtí jelenů, slonů a jeskynních lvů v pleistocénu nebo např. úmrtí tisíců želv a ptáků Dodo na ostrově Mauricius je spojováno se suchem a následným rozvojem sinic před zhruba 4000 lety. Mezi první psané zmínky o sinicích lze zařadit pozorování učiněné v Holandsku či Polsku na konci 17. století. Tehdejší badatelé si správně spojili otravy psů a hospodářských zvířat s rozvojem zelených chuchvalců na hladině jezer. Jedním z nich byl i zvědavý Antonie van Leeuwenhoek, který popsal pozorování zelených spirálovitých vláken tvořených zelenými kuličkami pod mikroskopem r. 1674. Ano, ten van Leeuwenhoek, které r. 1676 slavnostně oznámil objev bakterií nevěda, že je viděl již o dva roky dřív.

8. A za odměnu si vyluštěte křížovku. Co znamená tajemný pojem v tajence? Seznamte se s příběhem a převyprávějte jej vlastními slovy. [5 b]



Legenda:

1. Který cyanotoxin byl zodpovědný za otravu dětí zvanou *Palm Island Mystery Disease*?
2. Jak se jmenuje membránová struktura nesoucí fykobilizomy?
3. Co je hlavní zásobní látkou sinic?
4. Proti sinicím lze bojovat chemicky, biologicky nebo i s pomocí fyziky. Co se používá na eliminaci sinic s aerotopy?
5. Jak říkáme prehistorickým útvarům vzniklým usazováním sinic a zvětráváním, např. na pobřeží Austrálie?

6. Oblast, kde Brňané rádi rybaří, v zimě tam bruslí nebo běžkují a v létě jsou smutní, když jim zaroste sinicemi. Jak se taky někdy označuje toto malé brněnské moře?
7. Jakým odborným termínem nazýváme zúživňování ekosystémů?

Caruaru – brazilské město kde v roce 1996 došlo k obrovské tragédii. Pacienti, kteří chodili pravidelně na místní kliniku na dialýzu, začali po jedné takové proceduře vykazovat příznaky otravy. Pociťovali bolest hlavy, zvracení, slabost. Mnoho z nich vykazovalo také hepatomegalii (zvětšení jater). Krátce na to, 76 zemřelo na selhání jater a u 52 z nich byl potvrzen tzv. Caruaru syndrom jako příčina smrti. Byly provedeny biochemické studie, chemické rozbory i histopatologické šetření. Zanedlouho vědci odhalil příčinu. Byl jím vodní květ v nedaleké nádrži Tabocas, ze které bohužel klinika odebírala vodu. V nádrži byla prokázána přítomnost sinic rodu *Microcystis*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon* a *Oscillatoria spp.* Významné koncentrace toxického microcystinu a cylindrospermopsinu byly také nalezeny v dialýze a i v jaterní tkáni pacientů. Právě díky této expoziční cestě (pacientům byly v podstatě intravenózně podány velmi silné cyanotoxiny) měl tento incident tak tragické následky. Bohužel tento případ není na světě jediný, ale o tom si povíme třeba někdy příště.



- 1. What is the exact human telomeric repeat sequence? [1 p]**  
The exact human telomeric sequence is TTAGGG.
- 2. Name all of the proteins that create one complex called shelterin. [1 p]**  
Shelterin complex consists of TRF1, TRF2, Rap1, TIN2, TPP1 and POT1 proteins.
- 3. Which subunits are attached to double-stranded DNA and which one binds single-stranded DNA overhang? [2 p]**  
TRF1 and TRF2 proteins are able to bind double-stranded DNA and POT1 single-stranded DNA overhang.
- 4. Name one essential difference between TRF1 and TRF2 proteins based on their protein domains. [1 p]**  
These two proteins are similar to each other. The only big difference is at their N-terminal part, where TRF1 is rich in acidic residues and TRF2 contains the basic domain.
- 5. Some of the proteins of shelterin form homodimers. Can you tell which of them? [1 p]**  
TRF1 and TRF2 proteins form naturally homodimers.
- 6. Which proteins of shelterin directly interact with TIN2 unit? [1 p]**  
TRF2, TPP1 and TRF1 proteins directly interact with TIN2 unit.
- 7. What role plays shelterin with regards to telomerase activity? [1 p]**  
It enhances the telomerase activity by affecting the structure of telomeric DNA which is important for proper telomerase binding. TPP1 protein from shelterin is directly responsible for telomerase recruitment and it promotes high DNA synthesis by telomerase.
- 8. How shelterin controls the telomere length? [1 p]**  
Remodelling the structure of telomeric DNA by forming the so-called t-loop formation is crucial. In that way, shelterin can actually block the telomerase from its action by simply hiding the exact place what telomerase wants to find. It is mainly dependent on the total amount of shelterin that is bound to DNA and on POT1 unit which is bound to the 3' end telomeric overhang.
- 9. How actually shelterin protects chromosome ends and why is it important? [2 p]**  
Shelterin is able to affect the structure of telomeric DNA by forming t-loops. This helps to protect chromosome from unwanted DNA damage response machinery.
- 10. What is the t-loop formation they refer to and how was the t-loop formation at telomeres firstly observed and identified? [2 p]**  
Telomeres have a long single-stranded array of TTAGGG repeats at the 3' end. This overhang has been proposed to invade the double-stranded telomeric DNA, base pairing with the C-strand and displacing the G-strand. The strand invasion takes place at a distance from the physical end of the telomeres and therefore results in a large duplex lariat structure, the t-loop. The key feature of t-loops is that the end

of the telomere is tucked in. T-loops were first identified by electron microscopy of purified telomeric restriction fragments from human and mouse cells.

**11. They mentioned two forms of DNA repairs that have a disastrous effect on telomeres. Can you name them and briefly tell how they work? [3 p]**

Both of them are related to DNA double-stranded breaks. The first one is nonhomologous end-joining (NHEJ) and the second one is homologous recombination (HR). NHEJ simply re-attaches the broken ends using an error-prone process that tends to introduce small deletions and/or insertions of DNA at the break site. HR, on the other hand, utilizes the homologous chromosome or sister chromatid as a template for error-free repair using the recombination machinery.

**12. Minor defects or mutations in shelterin lead to various types of severe diseases. Do you have an idea why? [2 p]**

Every unit (protein) from shelterin is crucial for cell surviving and acts as a key factor in many important regulatory pathways and chromosome, telomere protection. Even the minor defects or mutations could lead to structural and functional disorders of the proteins, which results in a specific disease.

**13. Do you think that shelterin plays an attractive role for possible cancer therapy and if so, why? [2 p]**

Definitely, shelterin directly recruits telomerase and promotes its function. By regulating or disrupting this mechanism we can control the fate of cancer cells. As we know from the previous set of tasks. 😊