

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 4

Série 4

Milí přátelé,

dostává se Vám do rukou poslední letošní série Biozvěstu. Nejprve teoreticky, pak i prakticky se budeme věnovat semenům a klíčení rostlin a pak bolesti – tu zažil nebohý Bioslav, a to jak na zahradě při jarním rozjímání a péči o rostliny, tak na své loňské expedici, ke které se opět vrátíme s dalšími podrobnostmi... A v seriálu se budeme věnovat močovému vyšetření. Přejeme Vám, abyste kvůli sychravému jarnímu počasí nepotřebovali tyto znalosti v praxi!

Připomínáme, že v termínu **31.5. - 4.6.** uspořádáme **expedici** pro nejlepší řešitele do země plchů, do Českého Švýcarska. Přihlášky na expedici Vám zašleme koncem dubna. Během expedice taktéž proběhne vyhlášení výsledků Biozvěstu



Šíření moudrosti našich Biozvěstů podpořila mediálně Přírodovědecká fakulta UK v rámci projektu Přírodovědci.cz.



Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na internetové stránce Biozvěstu

www.studiumbiologie.cz/biozvest

(nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplňte. Úlohy Vám budeme zasílat automaticky na e-mail uvedený v přihlášce. Pokud

budete chtít ukončit odběr novinek o Biozvěstu, napište nám e-mail.

Dále se můžete k nám připojit prostřednictvím Facebooku, skupina „Biozvěst“, kde se mohou probírat aktuality a můžete zde diskutovat dle libosti.

<https://www.facebook.com/groups/175384482597684/>

Vaše řešení úloh nám posílejte 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. **4-1-2-Bioslav_Biomilný** v případě druhé úlohy první série aktuálního ročníku.

Uzávěrka 4. série: pondělí 22.5.2017 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 jakékoliv 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 vosolsob@natur.cuni.cz (na druhé adrese máte větší šanci na rychlé zodpovězení otázky).

Mnoho zdaru při řešení Vám za kolektiv autorů přeje

Stanislav Vosolsobě

Úloha 1: Na počátku bylo semeno...

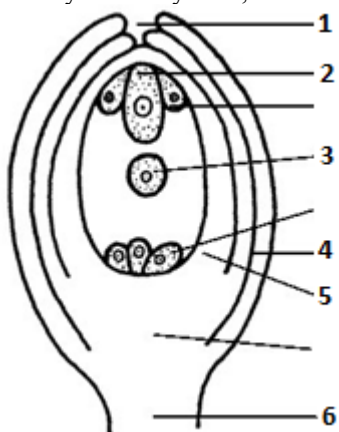
Autor: Radek Vítek

Počet bodů: 23

Semeno je rostlinný orgán, který vzniká po oplození. Dalo by se vlastně říct, že se jedná o takové rostlinné miminko. K tomu aby vzniklo, musela rostlina věnovat náležitou péči a zdroje. Ať už k vyprodukovaní nektaru pro nalákání opylovače, nebo následně při vývinu samotného semene. Po dozrání opouští matečnou rostlinu a vydává se na svou vlastní pout, někdy to je třeba jen pár metrů, jindy je to i napříč oceány v případě kokosových palm. K těmto poutím jsou semena i náležitě vybavena, obsahují minimum vody, ochranné obaly a mají svůj vlastní „smysl“ pro poznání vhodné doby ke klíčení. Pojdme se tedy podívat do tajů semen...

1. Jak se jmenuje nejstarší vyhynulá skupina semenných rostlin, která dala nejpravděpodobněji vzniknout dnešním semenným rostlinám, a ve kterém období se na naší planetě vyskytovala? Kromě nich, existují i jiné vyhynulé protospermické skupiny, které však zanikly, najděte a jmenujte 2 takové skupiny.
2. Semeno, jako každý orgán rostlin má nějakou skladbu, ta se však odvíjí od složení vajíčka rostlin. Zamyslete se nad složením semene a jmenujte přeměny jednotlivých

částí vajíčka. Níže tedy máte obrázek zárodečného vaku, na kterém jsou čísla označeny části, které máte popsat.



Obr. 1: Na obrázku vidíte vajíčko krytosemenných rostlin. Vyznačené části popište, uveďte jejich stav v semeni, a pokud má přeměna funkci, uveďte ji.

3. Semeno obsahuje embryo, nejcennější složku semene zajišťující následný růst a vývoj. Zaměřte se nyní na jeho vznik a vývoj. Po vzniku zygoty následuje její dělení, popište ho. Rozeberte 4 základní fáze dělení, napovím, že jsou pojmenovány podle tvaru zárodku.
4. V embryu se uplatňují 3 různé přenašeče, které řídí tok důležitých hormonů. Zmíněný hormon vzniká z tryptofanu a zajišťuje růst a diferenciaci pletiv embrya. Jak se jmenuje hormon a jak transportéry? Jakým směrem hormon přenáší. Pokud se podíváme na klasický model embrya, zjistíme, že hormon koluje k pár místům, kde je koncentrován. Co se následně vyvine z míst s vysokou koncentrací a co z míst, kudy hormon putoval?
5. Teď přejdeme k samotnému klíčení. Některá semena klíčí ochotně, jiná potřebují „postrčit“. Někdy je k tomu třeba opravdu silný impuls. Najděte zástupce rostlin, jejichž semena musí projít šokem tepelným, chladovým a chemickým, aby mohli vůbec vyklíčit, nebo jim tato procedura výrazně ulehčí klíčovost. Rozeberte výhody zrušení dormance těmito třemi faktory.
6. Semena mohou mít až milimetrové rozměry a dlouhou dobu dormance. Díky této kombinaci vytvářejí v půdě něco, čemu se říká semenná banka. Popište její princip a uveďte, jaké 4 nejčastější rostliny se aktivují, pokud dojde k jejímu probuzení.
7. Při klíčení semeno čerpá ze zásobních látek. Jaké jsou obecně 3 nejčastější zásobní látky? Kde jsou hlavní úložiště živin v semenech dvouděložných a jednoděložných rostlin?

Úloha 2: Bioslav Šípkovou Růženkou

Autorka: Anna-Marie Buková

Počet bodů: 22

Krátce před Velikonocí se Bioslav po zralé úvaze rozhodl, že je na čase, aby se vypravil na svou zahradu. Sám si sice říkal, že nespoutaná příroda v zahradě je pro odpolední relaxaci to nejlepší, protože však jeho sousedé tento názor nesdíleli, nezbylo mu než vyrazit přírodu trochu usměrnit. Zahrada ležela dlouho ladem, a tak Bioslava čekala spousta práce. Jako první se rozhodl prořezat růže. Keře byly místy

velmi husté, a tak se po pár minutách stalo, že Bioslavovi do ruky zajel ostrý osten. Bioslav vyjekl, protože mu paží projela ostrá bolest. On se ale místo pláče jako správný biolog trošku zamyslel...

A jaké otázky to našeho kamaráda vlastně napadly?



1. Co je to vlastně bolest? Zkuste tento fyziologický děj nějakým způsobem definovat.
2. Čím je bolest na anatomické a fyziologické úrovni způsobena? Popište děje, které následují po vniknutí trnu do Bioslavova prstu. Co je to reflexní oblouk? A jak konkrétně v tomto případě vypadá jeho dráha?

Při řešení otázek určitě narazíte na strukturu zvanou spinální ganglia. Protože se jedná o velice zajímavé a užitečné útvary, podíváme se na ně trochu blíže.

3. Kde byste spinální ganglia hledali? Jaký typ neuronů se v těchto strukturách nalézá a jaké jsou prekursori těchto neuronů?

Neurony spinálních ganglií rozhodně nejsou uniformní. Jednou z věcí, ve které se mezi sebou liší, je obsah jednotlivých neurotransmiterů.

4. Jmenujte některé aktivační a inhibiční neurotransmitery, které mohou neurony obsahovat. Dále popište, co způsobuje, že se daná látka chová excitačně, nebo naopak spojení inhibuje.

V souvislosti s bolestí se často mluví o tzv. bolestivém prahu.

5. O co se jedná? Jmenujte alespoň pět faktorů, které mají vliv na to, jak silný podnět bolest vyvolá.

Určitě si stejně jako Bioslav uvědomujete, že práh bolesti není něčím neměnným, a to ani u zdravého člověka. Existují ale případy, kdy dochází k posunu prahu z patologických příčin. S tím souvisí pojmy allodynie a hyperalgie.

6. Co tyto pojmy znamenají? Jaká nervová vlákna jsou při nich aktivována?

7. Pokuste se nakreslit graf, kde na ose x vynesete intenzitu podnětu a na osu y hladinu bolesti. Do grafu vyznačte plochy, které představují normál, poškození, hyperalgie a allodynii.

Pro vedení jakéhokoli nervového impulsu, a tedy i toho bolestivého, musí dojít k porušení rovnovážného potenciálu membrány neuronu. To lze znázornit mj. grafem, kde je na

ose x vyneset čas a na ose y potenciál. Pokud mezi sebou porovnáme tzv. elektrické a chemické synapse, získáme dva odlišné grafy.

8. Jak se mezi sebou tyto synapse liší? Nakreslete změny potenciálu, které na nich nastávají v případě přenosu nervového vzruchu. Čím je rozdíl v průběhu způsoben?
9. Pokuste se vymyslet výhodu i nevýhodu obou typů synapse. Ke každé napište tři příklady výskytu u ostatních živočichů.
10. Vyberte si jednu z elektrických synapsí, ke které daný živočich došel cestou, která je podle Vás zajímavá z evolučního pohledu. Pak popište, jak podle současných poznatků evoluce proběhla. Při řešení se pokuste využít novější literaturu či publikace., v řešení se na ně poté nezapomeňte odkázat.

Protože ruka Bioslava bolela jako čert, přestal i on nakonec myslet na biologii a hnal se domů, aby bolest nějak usměrnil. Rozhodl se, že se pokusí oklamat své tělo na úrovni samotného mozku.

11. Jak to Bioslav mohl udělat za předpokladu, že má doma k dispozici látku, které jsou obvyklé v klasické domácnosti? Na jaké receptory v mozku pak vybranou látkou působil a čím to, že bolest nakonec polevila?

Úloha 3: Vivisekce

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 18

Poté, co Bioslav dobyl na svém hydroplánu Arktidu, se mu málem stalo osudným setkání s ledním medvědem. Objevil ho u vodopádu, jak se krmí pozůstatky tuleně. Bioslav měl smůlu, že si lední medvěd myslel, že mu chce ukrást kořist, když se začal prohřabovat v cárech kůže a tuku, nicméně náš výzkumník chtěl pouze provést pitvu zvířete. Bohužel, medvěd měl pro Bioslavovu výzkum pramalé pochopení a začal na něj útočit. Náš statečný polárník odrazil první medvěduv útok tím, že medvědu vrazil propisku do pravého oka. To však medvěda rozlítlo a rozmáchl se ohromnou tlapou, kterou ho škrábl do stehna pravé nohy až do hloubky 5 cm, což vedlo k poranění přední a mediální skupiny svalů a cévního svazku femorální tepny a žíly. Bioslav se samozřejmě stříkající krví z vlastního stehna nenechal rozhodit, zaškrtil si končetinu zbytkem kůže tuleně, který zrovna zkoumal a chtěl medvěda oslepit dalším výpadem již osvědčené propisovačky. Nicméně než tak stačil učinit, z vodopádu se utřhl obrovský kus skály a medvědu dopadl přímo na hlavu a na záda. Bioslav zaslechl praskání kostí, poté se medvěd namáhavě několikrát nadechl a poté zemřel. Bioslav se zaradoval, že má nyní místo jednoho objektu k pitvě k dispozici hned dva. Zároveň ovšem musel vyřešit i tu záležitost s vlastním stehnem, protože zjistil, že se na zhmožděné svaly nemůže postavit. Navíc tu byla ta nepříjemnost s tepenným krvácením. Proto nejprve vytáhl z tuleně zbytky střev vyrobil z nich vlákno, které vydezinfikoval v 100% lihu, který měl jako správný přírodovědec vždy u sebe. Nejprve sešil tepnu ve stehně, poté i prosakující žílu. Následovalo sešití svalů na vnitřní straně stehna. Šlo to ztěžka, protože

Bioslav v důsledku zranění nedokázal zvednout a vytočit koleno. Naštěstí tuleňovi zbylo poměrně dost střev na to, aby se z nich dalo vyrobit šití. Když si úspěšně zašil svou nohu, mohl se věnovat průzkumu ostatků obou saveců. Zklamaně zjistil, že z tuleně příliš nezůstalo. Medvěd již před jeho příchodem zkonsumoval nejvýživnější části těla, tedy játra a tuk a zbytek roztahal po okolí.



To pozůstatky medvěda představovaly mnohem zajímavější objekt. Bioslav nejprve odvalil z medvědových lopatek obrovskou skálu, která mu rozdrtila hrudník. Poté se ujal pitvy obrovského zvířete. Rozhodl se, že začne s dutinou, do které je nejjednodušší přístup, tedy dutinou břišní. Rozřízl medvědu břicho, ze kterého se vyvalilo relativně krátké střevo a veliký žaludek. Při rozříznutí žaludku Bioslav objevil zbytky kůže a jater z tuleně, kterým se savec těsně před smrtí živil. Dále se věnoval pitvě jater. Velmi ho překvapil žlučník, který byl s ohledem na velikost jater a zbytku těla poměrně veliký. Pokračoval v prohlížení dutiny břišní. V retroperitoneu objevil ledviny, které byly, stejně jako ostatní orgány, sice bledší, než by očekával, ale na první pohled vypadaly v pořádku. Nad ledvinami našel velkou slezinu, ale také nejevila známky šokového orgánu. Ve velkém množství tuku za žaludkem objevil slinivku břišní. Poté se věnoval genitáliím, zjistil, že medvěd, který ho napadl, byl samec. Když nenalezl v dutině břišní nic, co by svědčilo o příčině smrti, odvážil se do dutiny hrudní. Při odklopení hrudního koše se na Bioslava vyhnulo ohromné množství krve. Zároveň si všiml, že medvěd má zlomená 4 žebra a rozdrcenou pravou lopatku. Při odstraňování obsahu hrudníku si nemohl nevšimnout, že jedna plíce je propíchnutá žebrem a tudíž lne k hrudnímu koši. Opatrně ji uvolnil ze žebra a vyfízl i obsah krčních orgánů, včetně jazyka. Při rozkládání orgánů na zemi si všiml, že další žebro na pravé straně propíchnulo oblouk aorty. Navíc došlo k rozdrcení dvou hrudních obratlů. Srdce se jevílo poměrně malé a při jeho rozříznutí v něm nebyla prakticky žádná krev. Chudák medvěd, neměl šanci. Nicméně Bioslava zajímalo, zdali toto těžké zranění vedlo k bezprostřední smrti medvěda, či nikoliv. Proto se pomocí zahradních nůžek prostříhal do dutiny lební nešťastného medvěda. Zjistil drobnou prasklinu na temeni lebky, pod kterým byl drobný subdurální hematoma. Nicméně po odstranění mozku se na spodině lební ukázal obrovský hematoma, který prokrvácel až do III a IV mozkové komory. Mozkový kmen a část mozečku byla zatlačena hluboko do otvoru pro míchu. Byl spokojen s výsledkem pitvy, poznal pravou

příčinu medvědova úmrtí a rozhodl se vydat zpět do vlasti. V letadle se i statečný Bioslav začal obávat možné superinfekce, a proto preventivně začal užívat Amoxicilin potencovaný kyselinou klavulanovou s Metronidazolem, které užíval celý týden, než se dostal díky přílivu ke starému důlnímu městu. Zde našel poměrně zachovalý mixér, ze kterého se mu podařilo udělat náhradní motor pro svůj hydroplán. Uhlí bylo všude dost, proto si nemusel dělat obavy z nedostatku energetických zdrojů. Pomocí takto upraveného hydroplánu se pomalu doplavl až k ústí Labe do Hamburku. Zde mu celníci dělali trochu potíže na hranicích, protože se báli, že syrští uprchlíci objevili novou dopravní cestu do Evropy, když jim ale dokázal, že se pouze plaví domů, usoudili, že bude pro všechny zúčastněné bezpečnější ho do koridoru pustit.

1. Bioslav při svém setkání s medvědem utřil opravdu hluboké zranění, které si dokázal sám sešít. Jako materiál pro výrobu šití použil tulení střevo. Překvapivě se nejedná o výmysl, na výrobu tzv. vstřebatelných šicích materiálů se skutečně používají zvířecí střeva. Věděli byste, z jakého zvířete jsou skutečně vyrobeny a jak se nazývají?
2. Při pokusu a sešítí svalů Bioslav narazil na problém se zvednutím a vytočením kolene. Věděli byste, který sval je za tento konkrétní pohyb zodpovědný? Napovím, v latině i v češtině se tento sval přímo jmenuje po povolání, které je na tomto pohybu závislé.
3. Jak mohl Bioslav poznat, že se jedná o pozůstatky tuleně? Napište, podle čeho mohl Bioslav určit, že se nejedná o jiného ploutvonožce.
4. Proč se u ledního medvěda vyvinulo relativně krátké střevo a velký žlučník?
5. Proč se u medvěda následkem akutního krvácení nerozvinul šok? Na základě pitevních nálezů, co myslíte, spadl nejdřív kámen medvědovi na záda nebo na hlavu? Svůj názor zdůvodněte.
6. Co asi bylo nejspíše dle pitvy příčinou medvědovi smrti?
7. Proč bylo poranění na hlavě rozsáhlejší na spodině lebky, než v místě dopadu kamene?
8. Zkuste vymyslet, proč Bioslav preventivně užíval při svém zranění hned dvojkombinaci antibiotik. Napovím, zkuste si zdůvodnit, proč k Amoxicilinu potencovaným kyselinou klavulanovou, užíval právě Metronidazol

Úloha 4 (experimentální): Semenná banka

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 15

Pokud chceme správně vyhodnotit rostlinné společenstvo na určité lokalitě, neměli bychom brát v úvahu jen rostliny, které zde viditelně rostou, ale i všechna semena, která čekají na svoji příležitost v půdě. Jejich přítomnost může totiž velmi výrazně ovlivnit vývoj společenstva na lokalitě v takových situacích, jakými je třeba změna klimatu, rozsáhlá disturbance lokality vedoucí k destrukci stávajícího porostu, či změna managementu na lidmi obhospodařovaných lokalitách (pastva, seč, hnojení aj.). Existence semenné banky taktéž výrazně odlišuje ochranu rostlin od ochrany živočichů. Ohrožený druh hmyzu může vyhnout na lokalitě i během jediné sezony, stačí jen špatně načasované

posekání rostlin, na kterých se vyvíjí například motýlí larvy. Naproti tomu rostlinu lze označit za prokazatelně vyhnulou až po mnoha letech, kdy nebyla na lokalitě nalezena.



1. Zkuste najít nějaký konkrétní příklad, kdy došlo díky existenci semenné banky ke znovuobjevení vzácné rostliny na lokalitě, kde byla považována za vyhnulou. Jsou známy příčiny, které mohly resuscitaci druhu způsobit?
2. Jak dlouho mohou životaschopná semena v semenné bance přežít? Opět doložte konkrétními příklady.
3. A nyní k experimentu: Odeberte z přírody vzorky půdy z povrchové vrstvy (vyhněte se krtincům, protože ty jsou z větší hloubky a neobsahují semena), přesaďte do květináče a pravidelně zalévejte. Kultivujte takto půdu několik týdnů a sledujte, kolik vyklíčí rostlin. Najděte ve svém okolí alespoň dvě kontrastní prostředí, ze kterých odeberte vzorky a porovnejte, kolik druhů a v jakém množství vyklíčí. Pro inspiraci uvádíme několik míst, která by mohla být zajímavá: porost s jediným druhem invazní či kompetičně silné rostliny, například křídlatka, netýkavka, kopřiva..., smrkový les bez podrostu (tj. „smrák jak sviňa“), pole, písčité či šterkovité plochy s minimální vegetací (třeba i lidského původu), extrémní společenstva typu rašeliniště, vysokohorské biotopy, rybníční dno a podobně. Lokality volte tak, aby jedna mohla sloužit jako kontrola a druhá byla něčím zajímavé (například pestrá louka versus louka nedávno zalesněná). Zaznamenejte, počty i druhy semenáčků. Pokud nebudete schopni druhy určit botanicky, zadejte si alespoň vlastní typy podle zjevné odlišnosti (tzv. morfotypy). Existuje velmi praktický atlas klíčnic rostlin, který můžete získat zde: <https://www.natur.cuni.cz/biologie/botanika/veda-a-vyzkum/fotoatlas-semenacku>

Zároveň zaznamenejte druhovou pestrost společenstva na lokalitě, ze které odeberete vzorek, opět alespoň počtem unikátních druhů, a porovnejte, jak se liší populace semenáčků a dospělých rostlin. Zkuste pozorované rozdíly interpretovat nějakou hypotézou. Protože dobré nápady jsou základem vědecké práce, bude za to nejvíce bodů. Výsledky pečlivě dokumentujte (tabulky, grafy, fotodokumentace) a sepište podrobný protokol o celém experimentu. Návod, jak sepsat správný protokol, naleznete na webu Biozvěsti v sekci „návod“.

<http://www.studiumbiologie.cz/biozvest/navody.html>

Úloha 5: Vyšetření moči chemicky a vyšetření močového sedimentu

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 20

Chemické vyšetření moči a močového sedimentu patří k základnímu vyšetření v medicíně již od starověku. Již za dob Galena se vyšetřovala barva, vůně a dokonce chuť této tělesné tekutiny. Přestože dnes již nikdo k moči pacientů nečichá a ani ji nepije, i dnes tvoří stanovení koncentrace určitých látek v moči důležité informace o pacientovi. O stanovení koncentrace iontů a kreatininu v moči jsem se již zmínila v rámci seriálu o vyšetřování funkce ledvin. V díle o vyšetření jater jste se dozvěděli, že při určitých jaterních poruchách stoupá v moči bilirubin a urobilinogen. Okrajově jsem se již dotkla vyšetření moči při stanovení zánětu močových cest v seriálu o zánětu a krevním obraze. V tomto díle seriálu se tedy budeme věnovat tomu, co lze stanovit v moči.



Doktor Galén

Začneme pěkně po pořádku. Jaký je rozdíl mezi **chemickým složením moči** a **močovým sedimentem**. Při chemickém stanovení moči stanovujeme pouze chemické látky, které jsou v moči obsažené. Sediment se vyšetřuje tak, že se napřed moč centrifuguje a její sediment se vyšetřuje pod mikroskopem. Z klinické praxe je důležité vědět, že chemické vyšetření lze provést tzv. *bed-side*, totiž pomocí lakmusového papírku přímo v **ambulanci**, zatímco sediment se vyšetřuje v biochemické **laboratoři**. Dále je dobré si uvědomit, že moč je materiál, který je „vidět“. Zatímco ve zkumavce krve těžko poznáte, že v pacientovi zuří septický šok, tak na zkumavce moči hned vidíte, zda má dotyčný pacient močovou infekci, jestli krvácí do močových cest nebo jestli má vysokou koncentraci bilirubinu. V případě, že má pacient zavedený močový katetr, můžeme změny v moči sledovat každý den při vizitě.

Základní vlastnosti moči

Co lze tedy z moči vyčíst, aniž by opustila pacientův pokoj? Jednak je to její **množství**. Velmi často měříme množství vyprodukované moči za časovou jednotku. Obvykle to bývá **za 24 hodin**, ale v případech intenzivní péče to může být i častěji, například každé **3 hodiny**, v indikovaných případech dokonce **po hodině**. Zároveň sledujeme, kolik tekutin pacient přijme a z rozdílu příjem-výdej vypočítáváme tzv. **bilanci tekutin**. U zdravého člověka očekáváme příjem cca 2 litry tekutin denně, výdej přibližně také 2 litry a tudíž **vyrovnanou** bilanci tekutin. V případě, že je pacient dehydratovaný, protože má velké ztráty tekutin, je nutné tekutiny hradit.

Dále je nutné sledovat, **absolutní množství** moči, které pacient vyprodukoval. V případě, že pacient vymočí více, než 2-3 litry denně, mluvíme o **polyurii**. K polyurii může dojít z několika příčin. Tou nejběžnější příčinou je tzv. „přelítí“. Pokud do pacienta nalijeme více tekutin, než potřeboval, za předpokladu normální funkce ledvin, dojde k tomu, že nadbytek tekutiny vymočí. Toto se obvykle stane v okamžiku, kdy přichází pacient kvůli dehydrataci a při příjmu mu lékař „od oka“ rozepíše infuse. Obvykle se pacientovi nic nestane a další den se již množství infusí upraví podle bilancí. Toto si lékař může dovolit u mladého, jinak zdravého pacienta. Mnohem opatrněji si musíme počínat v případě, že pacient je kardiak a má již postižené ledviny. V tomto případě totiž hrozí, že v rámci **parenterální rehydratace** (jak se říká infusím v odborné terminologii) dojde k městnání v malém oběhu, dokonce až k edému plic. Pokud totiž podáme velké množství tekutin pacientovi, kterému srdce již nedokáže příliš efektivně pumpovat krev, levá komora nezvládne takový objem přečerpávat a tekutina se začne v plicích hromadit. Pokud mu zároveň nefungují příliš dobře ledviny, nedokážou dostatečně odvádět nadbytečnou tekutinu.

K polyurii dochází rovněž při **selhání ledvin**. Nikoliv při akutní fázi, ale až při fázi **hojení**. Pokud pacientovi selhaly ledviny, došlo akutně k tzv. **anurii**. To, že se mu obnovují jeho ledvinné funkce, se projeví tím, že z fáze, kdy **nemochil** vůbec, dostane do fáze, kdy **moči hodně**. V té chvíli totiž došlo k uvolnění tubulů od nekrotických buněk, které je ucpávaly a bránily odtoku moči, nicméně zatím ještě nedošlo k růstu nových tubulárních epitelů, proto ještě nezvládne moč koncentrovat. Nicméně je to známka uzdravování.

Nicméně i když se moči tvoří méně, jedná se o patologii. Buď může dojít k úplné zástavě tvorby moči, které se říká anurie. O **anurii** mluvíme v případě, že ledviny vyprodukují méně než 500 ml definitivní moči za den. V případě, že se vyprodukuje od 500 ml do 1 litru, mluvíme o **oligurii**. A za jakých okolností dochází ke snížení tvorby moči? Především se jedná o **selhání ledvin**, ať už akutní, nebo chronické. Při **akutním** selhání dojde k rychlé zástavě tvorby moči, které je **v krvi** reflektováno rychlým **vzestupem urey a kreatininu**. V případě **chronického** selhání se postupně zhoršují krevní laboratorní parametry ledvin a teprve v terminálním stadiu dochází ke snížení tvorby moči. Dále dochází ke snížení močení v případech prostě **dehydratace**. Nicméně je třeba nepodceňovat tento

mechanismus a tekutiny adekvátně hradit, protože i při dehydrataci může dojít k rozvoji šoku a následného selhání ledvin.

Na moči si kromě jiného všímáme její **barvy** a **zákalu**. Normální moč je světle žlutá, v případě dobré hydratace může být až čirá. Vždy by měla být **bez zákalu**.

Při **dehydrataci** se koncentruje a získává **tmavě žlutou barvu** až **oranžovou** barvu.

Podobnou barvu získává při přítomnosti **bilirubinu** v moči. Občas může být těžké rozlišit, kdy se jedná o koncentrovanou moč při dehydrataci a kdy o bilirubinurii (opět jednoduchá hra s řeckými slovy- cokoliv s koncovkou urie znamená přítomnost dané látky v moči). Obvykle lze na základě anamnesy poznat, odkud vítr vane. V případě jasné bilirubinurie získává moč **barvu černého čaje**.

Dále lze poznat krvácení do močových cest, kdy má moč **jasně červenou** barvu danou hemoglobinem.

Občas může mít moč barvy sepraného masa, tedy **narůžovělou**. Obtížně se poznává od přítomnosti hemoglobinu, ale v tomto případě se jedná o **myoglobin**. Ten se dostává do moči patologicky při tzv. crush syndromu. Při něm dochází ke **zhmoždění** velkých **svalových skupin**, ze kterých se myoglobin uvolňuje a ucpává ledvinné kanálky. Dále se může jednat o přítomnost **porfyrinů**, což je známkou souboru vzácných **genetických** poruch označovaných jako **porfyrie**.

Zelená moč poukazuje na přítomnost **biliverdinu**, což je degradační produkt bilirubinu. Jedná se tedy buď o starou moč či o **poruchu jater**.

Velmi důležité je pozorovat přítomnost **zákalu**. Může se jednat o přítomnost krystalů některých látek, které ukazují na **otravu** nebo na **detrit buněk** odloupaných z ledvinných tubulů při ledvinném selhání. Nejčastěji se ale jedná o podezřelé bílé chomáčky, které se časem postupně shlukují, až vyplňují celou hadičku od močové cévky... Je dobré nenechat situaci dojít tak daleko, aby byla bílá celá hadička, neboť v tomto případě se jedná o **kolonie bakterií**, které v moči rostou. A močová infekce z trvale zavedeného močového katetru bývá velmi často příčinou smrti starých a obvykle hodně nemocných pacientů.

Chemické vyšetření moči

Jaké látky tedy stanovujeme z **chemického vyšetření moči**? Na následujících řádcích si probereme postupně jednu po druhé.

V první řadě se jedná o **bílkoviny**. Za normálních okolností se bílkoviny v moči nevyskytují, nebo pouze v minimálním množství. V případě, že se bílkovina v moči vyskytne, je třeba hodnotit tento nálezn jako **patologický**. A jaké bílkoviny se v moči mohou vyskytovat? Vzhledem ke své malé molekule se nejčastěji jedná o **albumin**. Albumin má molekulu jen o málo větší než jsou otvory v glomerulární membráně ledvin a jediné, co ho drží uvnitř kapilár, je negativní náboj glomerul, který ho odpuzuje. V případě, že dojde ke ztrátě negativního náboje na glomerulech, nejčastěji v důsledku zánětu, albumin projde membránou a objeví se v definitivní moči. Tomuto jevu se říká **nefrotický syndrom**. Jedná se o autoimunitní proces, při kterém se poškozuji ledviny. Klinicky se manifestuje masivními

otoky, zpočátku na víčkách, posléze i na jiných částech těla a hypertensí. V případě, že je poškození ledvin těžší, nebo se jedná o poškození v jiných částech ledvin, než je glomerulus, tak se do moči uvolňují i další bílkoviny plasmu. Z praktického hlediska je dobré vědět, že *bed-side* proužky na stanovení chemického složení moči jsou citlivé pouze na albumin. Nicméně abyste hned za každou bílkovinou v moči nehledali hned nefrotický syndrom, je dobré mít na paměti, že v podstatě při každém horečnatém onemocnění dochází k mírné **proteinurii**, tedy přítomnosti bílkoviny v moči. To je dáno nespecifickou změnou propustnosti glomerulární membrány a tento stav se záhy samovolně upraví.

Další látkou, která se v moči stanovuje, je **glukosa**. Přítomnosti glukosy v moči se říká **glykosurie** a je rovněž patologická. Glukosa za normálních okolností glomerulární membránou prochází, ale je hned v proximálním tubulu vychytávána pomocí zvláštního přenašeče. Nicméně tento přenašeč má pouze omezenou kapacitu a v případě, že dojde k jejímu překročení, glukosa je strhávána do definitivní moči. K nasycení přenašeče dojde, když koncentrace glukosy v plasmě stoupne nad 10 mmol/l, a my hovoříme o tzv. **nasycovacím prahu** pro glukosu. Důvod, proč se **diabetu mellitu** říká cukrová úplavice (což je přesný český překlad), je ten, že glukosa coby osmoticky aktivní látka, strhává vodu a pacient s diabetem výrazně více močí. Jeho moč je přitom nasládlý.

Spolu s glukosou souvisí při diabetu také tzv. **ketolátky**. Nejedná se o ketony v pravém slova smyslu, ale o látky v průběhu svého vzniku ketony obsahují. Jedná se o aceton, beta-hydroxybutyrát a acetacetát. Všechno to jsou produkty betaoxidace, tedy **degradace tuků**. K lipolýze, jak se tomuto procesu říká, dochází při dlouhodobém **hladovění**, tedy i při **diabetu mellitu 1. typu**, při kterém nedochází ke vstupu glukosy do svalů a tukové tkáni v důsledku absence inzulínu. V důsledku toho si tyto buňky „hladoví“ a produkují ketolátky. Vzhledem k tomu, že u diabetiků 2. typu je inzulín přítomný, ale není ho dostatečné množství, protože tukové buňky jsou již přeplněné tukem a další se do nich již nevejdou, nedochází u nich k produkci ketolátek. Proto jsou diabetici 1. typu ohroženi tzv. ketoacidotickým komatem v případě, že nebudou mít inzulín, zatímco diabetici 2. typu nikoliv. Na infekčním oddělení se dále velmi často setkáváme s přítomností ketolátek v moči v případě **dehydratace** nebo **septického stavu**. Dochází k tomu díky nastartování stresového hladovění, kdy se v těle štípou aminokyseliny, ze kterých se ketolátky uvolňují jako zdroj energie.

Z dalších látek, které stanovujeme v moči, jsou **bilirubin** a **urobilinogen**. Jedná se o produkty metabolismu hemoglobinu. Bilirubin se v moči vyskytuje normálně pouze ve své **konjugované** fázi, **nekonjugovaný** bilirubin se do moči nevylučuje. Jeho hodnota v moči tedy stoupá při **poškození jater**, především při obstrukci ve žlučových cestách, nikoli však při hemolýze. **Urobilinogen** vzniká rozkladem bilirubinu ve **střevě** a jeho následným vstřebáváním do krve. Na rozdíl od konjugovaného bilirubinu, urobilinogen vzniká i z nekonjugovaného bilirubinu, a proto stoupá i při **hemolytické anemii**.

Bilirubin má tmavě oranžovou barvu a barví moč do oranžova až do hněda, urobilinogen je žlutý.

Další látkou, která se stanovuje v moči, je **hemoglobin**. Hemoglobin se přirozeně v moči nevyskytuje, pochází z krve a jeho přítomnost ji barví do červena. Přítomnost krve v moči je nutné dále objasnit. Nejčastěji ke **krvácení do močového traktu** dochází při manipulaci se zavedenou močovou cívkou a následným poraněním močových cest. Nicméně pokud dojde ke spontánnímu krvácení, je nutné příčinu dále vyšetřit. Nejprve je nutné rozlišit, jestli došlo ke krvácení z ledvinných glomerulů nebo z dalších vývodných cest močových. To se rozlišuje **mikroskopickým vyšetřením červených krvinek**. V případě, že mají normální tvar, jedná se o krvácení z močových cest. Pokud ale prošly glomerulární membránou, která je za normálních okolností pro erytrocyty nepropustná, dojde k jejich poškození. Takové erytrocyty se nazývají **akantocyty** a mají trnitý, cípátý tvar. Toto je velmi závažný nález, protože ukazuje na poškození glomerulární membrány, což signalizuje tzv. **glomerulonefritidu**. Nicméně ani krvácení do vývodných močových cest by nemělo být podceněno. Příčinou může být **kámen** nebo **nádor** ucpávající močovody nebo močový měchýř, který dráždí epitely, které krváčí. Stejně tak nádor může krváčet spontánně. Navíc, při obstrukci močovodů dochází k hromadění moči v ledvině, která může selhat.



Obr. 1. Akantocyt v močovém sedimentu

Další příčinou krvácení z močového traktu je spontánní krvácení, ke kterému dochází poměrně často u pacientů užívajících různé **léky na ředění krve**, ale také u lidí u kterých právě probíhá nějaká spontánní **porucha srážení** krve. Ať už se jedná o hemofiliky, pacienty s jaterní cirrhosou nebo diseminovanou intravaskulární koagulopatií (více viz předchozí seriály).

Zvláštní kategorií, na kterou je třeba myslet, je přítomnost krve u plodných žen. **Menstruační krvácení** totiž vypadá v močovém sedimentu na první pohled v závislosti na fázi, v jakém je zachyceno, buď jako masivní krvácení do močových cest, nebo jako těžká močová infekce. Občas je nutné vyšetřit moč u menstrující ženy, kdy se musíme dobrat validního výsledku. Moje zkušenost s močovými infekcemi je totiž taková, že pokud postižují plodné ženy, tak je to právě v době jejich menstruace. V tomto případě je nutné pacientku buď jednorázově vycévkovat, nebo, což mi

přijde šetrnější, odebrat moč se zavedeným tamponem.

Dále se může stát, že budeme mít pacienta, který bude mít jasně růžovou moč a přitom bude mít v moči negativní hemoglobin. U takového pacienta je potřeba postupovat obzvláště obezřetně, protože moč je s největší pravděpodobností zbarvena **myoglobinem**. Myoglobin běžné testovací proužky nestanovují, ale v laboratoři by ho stanovat měli, alespoň na vyžádání. Do moči se dostává při velkém svalovém poškození. K tomu dochází při tzv. **crush syndromu**, neboli syndromu zavalení. Samotné zavalení a zhmoždění svalů je sice nepříjemné, ale není samo o sobě život ohrožující. Problém nastává v okamžiku, kdy dojde k uvolnění překážky. Náhle se obnoví krevní průtok svaly a všechny zplodiny anaerobního metabolismu a proteiny ze svalů se náhle uvolní do oběhu. Dost často to vede k rozvoji **šoku**, protože výrazně klesne tlak v důsledku uvolnění oxidu dusného a laktátu, které působí jako vazodilatans (roztahuje cévy). Kromě toho se veškeré tyto mediátory vychytají v plicích, což vede k rozvoji tzv. **šokové plicé**. A konečně, uvolněný myoglobin se vychytává v ledvinách a vylučuje do moči. Nejprve ji zbarví do růžova, moč získá vzhled sepraného masa. Samozřejmě, při závalu může dojít také k hemolýze (rozpadu červených krvinek), a následnému vylučování hemoglobinu, což může zmást. Nicméně, jak myoglobin, tak hemoglobin se začnou v kyselém prostředí moči srážet a **ledvinné kanálky ucpávat**. V důsledku toho dojde k akutnímu selhání ledvin. Pozor, existuje ještě jeden syndrom, který je analogický ke crush syndromu, říká se mu **compartement syndrom**. Na rozdíl od crush syndromu, kdy je na první pohled jasné, že ta skála na pacientovi bude problém, u compartment syndromu nemusí být ihned jasné, s čím máme tu čest. Velké svalové skupiny jsou totiž od sebe odděleny poměrně silnou povázkou. V případě, že dojde z nějakého důvodu k otoku svalů v jedné svalové skupině, nemají se kam rozpínat a odumírají úplně stejně jako při crush syndromu. A k tomu může dojít např. při použití **škrtidla** kvůli zastavení krvácení, při těžké **infekci kůže** (erysipelu, rúži), kdy dojde až k infekci svalů, při **zlomenině** dlouhých kostí, která zhmoždí přilehlé svaly apod.

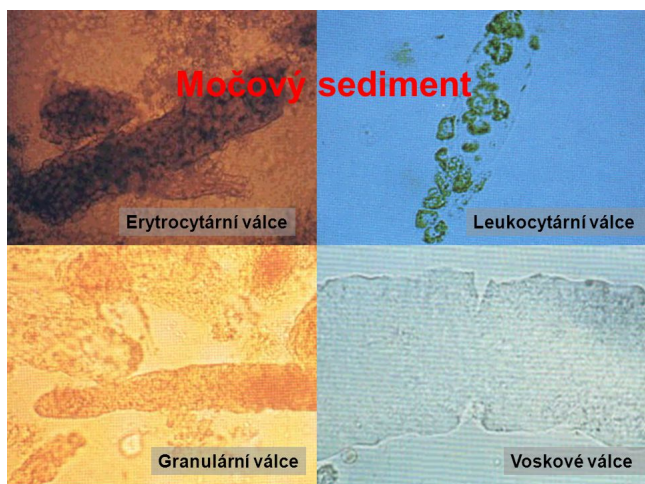
Dalším bodem v seznamu chemického vyšetření jsou dusitany neboli **nitrity**. Nitrity se v moči rovněž běžně nevyskytují. Nicméně coby dusíkatý metabolit jsou produktem bakterií a tudíž ukazují na probíhající **močovou infekci**. Původce infekce můžeme určit souběžnou **kultivací bakterií z moči**, která nám dá informaci i o jejich citlivosti na antibiotika. Výsledek ovšem získáme až za několik dní. Velmi důležitým ukazatelem močové infekce jsou samozřejmě i bílé krvinky neboli **leukocyty** v moči. Nicméně existují stavy, při nichž se nelze zcela stoprocentně řídit přítomností bílých krvinek v moči, a nitrity nám pomáhají rozhodnout se, zda má či nemá pacient močovou infekci. V případě zavedené močové cívky totiž vždy dochází ke dráždění stěny močového měchýře a močové trubice, na základě kterého je vyvolána zánětlivá odpověď, tedy dojde k přítomnosti leukocytů v moči. Zároveň postupně bývá cívka kolonizována bakteriemi, což zapříčiní pozitivní výsledek kultivace, ale ještě nemusí znamenat skutečnou infekci. Ovšem pokud najdeme v moči nitrity, znamená to, že bakterie v močovém traktu prokazatelně

metabolizují, což už svědčí o probíhající infekci. Dalším případem, kdy se velmi těžko určuje, zda se jedná o pouhou kontaminaci nebo o skutečnou infekci močových cest, jsou pacienti s **průjemem**. Pokud se snažíme vyšetřit moč u pacienta, který má denně 10 vodnatých stolic, můžeme ho edukovat o nutnosti sterilního odběru jak chceme, ale i při nejlepší snaze to zvládne jen stěží... Takže obvykle dostaneme moč, ve které je záplava bílých krvinek, nějaké červené krvinky a záplava bakterií. Kultivačně vyjde v moči polymikrobiální flora. A teď je samozřejmě otázka, zda má pacient močovou infekci nebo ne. V tomto případě je dobré podívat se, zda má pacient v moči nitrity nebo ne. Pokud jsou nitrity negativní, nejspíše půjde o kontaminaci. Pokud jsou pozitivní, je možné, že má močovou infekci, která se projevila mimo jiné i průjemem, který ovšem močový sediment zkontaminoval. V takovém případě je nutné provést vyšetření ještě jednou, když už trochu ustoupí průjem a pacient je schopen odebrat moč za sterilních podmínek. Pokud na vyšetření z nějakého důvodu spěcháme, což může být třeba při septickém průběhu a potřebujeme rychle nasadit antibiotika, pacienta musíme jednorázově vycévkovat.

Močový sediment

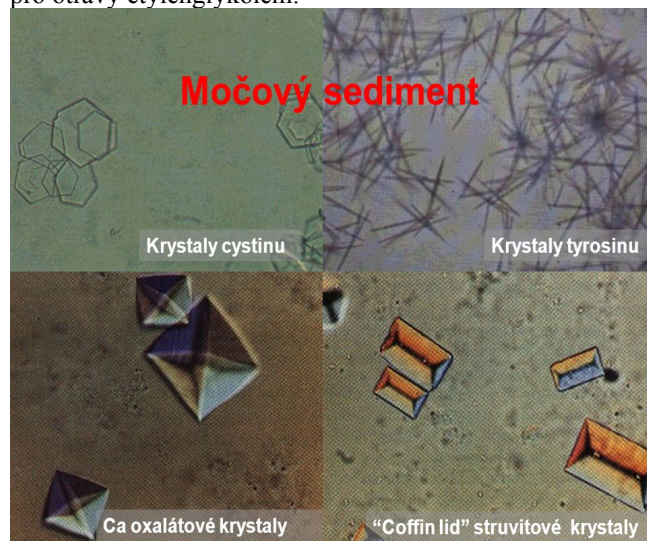
V moči se kromě chemického složení stanovuje ještě **sediment**. V sedimentu hledáme různé válce, krystaly, hlen, bakterie a buňky- bílé krvinky (leukocyty) a červené krvinky (erytrocyty).

Co se týče **válců**, mohou mít nejrůznější chemické složení. Poměrně často lze najít tzv. **hyalinní válce**, což jsou čisté **proteiny**. V moči bývají přítomné při horečce, zvýšené fyzické námaze, ale také při proteinurii ale také jako Bence-Jonesova bílkovina u amyloidosy. V případě poškození tubulů dochází k odloupávání epitelů tubulů a v moči se projeví jako tzv. **granulované válce**. Pokud dochází k masivní proteinurii, nalézáme tzv. **voskové** a **tukové** válce. Ty nalézáme až při rozvoji nefrotického syndromu a jsou známkou poškození glomerulů. V případě hemoglobinurie a myoglobinurie dochází ke srážení hemoglobinu a myoglobinu a lze nalézt **hemoglobinové** nebo **myoglobinové** válce.



Obr. 2. Různé druhy válců v močovém sedimentu

V močovém sedimentu lze prokázat rovněž nejrůznější druhy **krystalů**. Ty bývají tvořeny různými **aminokyselinami** při různých vzácných metabolických poruchách. Takto lze nalézt krystaly cystinové, tyrosinové nebo leucinové. V případě jiných metabolických poruch se v moči dají nalézt třeba **krystaly kyseliny močové** při dně nebo při nádorovém onemocnění, kdy se náhle rozpadá velké množství buněk, nebo **fosforečnanu amonohořečnatého** coby metabolický produkt bakterií při močové infekci. Dále lze najít **oxalátové** krystaly, které jsou typické pro otravy etylenglykolem.



Obr. 3. Různé druhy krystalů v močovém sedimentu

- Na infekčním oddělení je hospitalizován 3 letá pacientka pro průjemovité onemocnění. Pacientka má během prvního dne hospitalizace opakovaně horečku až 39°C, která druhý den spontánně klesá. Nezvracela, ale během dne měla 9 vodnatých stolic. Kultivačně ani virologicky příčina průjmu nebyla zjištěna. Ve vstupní laboratoři měla nízké zánětlivé parametry, v moči měla vysoké množství bílých krvinek (leukocyturii), nitrity negativní. Kultivace moči byla sterilní. Druhý den, měla v moči již méně bílých krvinek, ale stále trvala poměrně významná leukocyturie (z 800 leukocytů pokles na 270 leukocytů). Zároveň došlo k mírnému vzestupu zánětlivých parametrů (CRP z 1,3 mg/l na 49 mg/l).
 - Má pacientka infekci močových cest? Vysvětlete
 - Nasadili byste pacientce antibiotika? Zdůvodněte
 - Navrhněte další postup stran močového nálezu.
- 72letá pacientka přijata na infekční oddělení pro podezření na infekční endokarditidu. Před přijetím na infekční oddělení prodělala mrtvici, při které byl při vyšetřování zdroje embolu zjištěn vláčící útvar na aortální srdeční chlopni. Pacientka měla po celou dobu hospitalizace nízké zánětlivé parametry, pro které by nález na srdeční chlopni hodnocen spíše jako nádor než jako infekční vegetace. Pacientka po celou dobu hospitalizace neměla zavedenou močovou cévku. Přechodně udávala bolesti při močení. V moči měla vstupně lehkou leukocyturii, kultivačně byla zjištěna *Escherichia coli* v koncentraci 10 na 5. V kontrolním sedimentu došlo k progresi leukocyturie (z 160 leukocytů na 275). Po domluvě s kardiocentrem byla

pacientka přeložena ke kardiochirurgickému výkonu - odstranění podezřelého ložiska.

- a) Měla pacientka močovou infekci? Svě tvrzení zdůvodněte.
 - b) Nasadili byste v tomto případě antibiotika i na tzv. asymptomatickou bakteriurii? (Přítomnost bakterií v moči bez známek zánětlivé odpovědi) Pokud ano, proč?
3. 68letý pacient byl přijat pro akutní průjem - průjmovité onemocnění. Den před přijetím ho bolelo v krku, dostal průjem, zvracel, měl křeče v dolní části stehna, cítil se slabý. Ve vstupní laboratoři měl mírně zvýšené leukocyty, CRP bylo nízké. Měl vysoké hodnoty močoviny a kreatininu, které i přes podávání infusí stoupaly, proto musela být provedena dialýza. V krvi měl vstupně vysoké hodnoty myoglobinu. V moči měl vstupně výraznou erytrocyturii (4394 erytrocytů), leukocyturii (697 leukocyty), četné bakterie, Nitrity zcela negativní, masivní proteinurii (bílkovina na 3 křížky), glukosa na 1 křížek, ketolátky negativní. Po provedení hemodialýzy došlo k normalizaci močového sedimentu a chemického složení. Kultivačně měl ve stolici a v krku běžnou floru, v moči kontaminaci.
- a) Proč si myslíte, že pacientovi selhaly ledviny?
 - b) Měl pacient vůbec infekční průjem?
 - c) Měl pacient infekci močových cest? Zdůvodněte. Léčili byste pacienta antibiotiky.
4. 46letý pacient byl přijat na jednotku intenzivní péče pro maligní malárii vyvolanou *Plasmodium falciparum*. Ve vstupní laboratoři měl mírně zvýšené bílé krvinky, hemoglobin v normě, a těžkou trombocytopenii - nedostatek krevních destiček. V biochemii měl vysokou hodnotu močoviny a kreatininu a navzdory téměř normálním jaterním testům vysokou hodnotu bilirubinu, včetně konjugovaného bilirubinu. Měl mimořádně vysokou hodnotu CRP. V moči měl výraznou proteinurii na 2 křížky, bilirubin na 2 křížky a urobilinogen na 3 křížky, mírnou leukocyturii (129 leukocyty) a malé množství erytrocytů, v sedimentu měl přítomny hyalinní válce.
- a) Proč má pacient v moči přítomen urobilinogen a bilirubin?
 - b) Má močovou infekci? Zdůvodněte.
 - c) Proč má v moči hyalinní válce a proteiny? Zdůvodněte.

