10. ročník (2025/26)

IBIS

Interaktivní Biologický Seminář

2. sada

Termín odevzdání: 14. 12. 2025

MUNI | RECETOX

MUNI SCI Ústav experimentální biologie

Jak psát řešení

Milá řešitelko, milý řešiteli,

než se vrhneš na řešení IBISích úloh, věnuj prosím chvilku i těmto řádkům.

IBIS je korespondenční seminář pro jednotlivce, který by ti rád kromě řešení zajímavých biologických témat nabídl i nahlédnutí do zákulisí VŠ, což tě lépe připraví na budoucí studium. Ve vlastním zájmu se proto řiď následujícími radami:

- **Nekopíruj** – Informace můžeš hledat na nejrůznějších webech, v učebnicích či knížkách, vyvaruj se však přímému opisování textu. Máš přeci vlastní hlavu a dokážeš parafrázovat (přepsat text vlastními slovy). Více se tím naučíš.
- **Vlastní tvorba** – Pokud je v zadání napsáno, že máš použít vlastní obrázky, myslí se tím opravdu vlastní obrázky (ať již nakreslené v ruce či vytvořené na počítači), nikoliv stáhnutý obrázek z internetu.
- **Odpovídej k věci** – Utřiď si myšlenky a vyber to podstatné. Při práci s textem se dá lehce ztratit (sami to známe), proto se nikdy neboj vrátit a znovu si zopakovat otázku. Připojíš-li nějaké zajímavosti, nebo věcně, avšak stručně, odpověď rozvedeš, rozhodně se nebudeme zlobit. Ale hodnotit budeme pouze odpovědi na položené otázky.
- **Úlohy řeš sám za sebe** – Ber to jako příležitost překonat se a zasoutěžit si s kamarády. Je Franta lepší v zoologii? Nevadí, dotáhneš ho na mikře.
- **Hraj fér** – Nezapomeň, že nepodvádíš nás, nýbrž především sám sebe. IBIS je práce navíc, ale vyplatí se ti. Pokud se nám něco nebude zdát, vždycky se ti ozveme. Kdyby tě přesto podvádění lákalo, budeme tě penalizovat ztrátou bodů, což nikdo z nás nechce, tak to prosím nedělej.
- **Hlídej si termíny** – Dávej si pozor na termíny odevzdání, ať úlohy neděláš na poslední chvíli a stihneš je včas odevzdat. Také je lepší odevzdávat řešení průběžně, než to pak dohánět v posledních minutách. Další informace o odevzdávání a také naše stanovisko k odevzdávání po termínu nalezneš na webu v sekci „O semináři“.
- **Řešení anglických úloh piš v angličtině** – Angličtina je jazykem vědy a měl/a bys ji alespoň na základní úrovni umět používat. Zároveň, pokud budeš studovat na vysoké škole, nejspíš tě z ní čeká zkouška. Proto budou řešení anglických úloh, která nebudou v angličtině, penalizovány.
- **Řešení vkládej do odevzdávárny ve formátu .pdf** – Můžeš ho psát ručně a pak naskenovat, ale lépe jsou pro nás čitelná řešení psaná elektronicky. Odevzdávárnu najdeš na našich stránkách po přihlášení.

Máš-li na nás nějaký dotaz, neboj se napsat na adresu ibis@sci.muni.cz, dotaz ke konkrétní úloze pak můžeš napsat přímo jejímu autorovi. Jsme tu od toho, abychom ti pomohli. Zároveň na našich stránkách nalezneš kratičký dokument s tipy a triky o tom, jak správně vyhledávat informace, který se ti může hodit nejen při řešení této sady.

Doufáme, že se ti IBIS bude líbit a užiješ si s ním spoustu zábavy, protože my už se nemůžeme dočkat tvých odpovědí.

Tvůj IBIS tým

Průlet touto sadou aneb na co se můžete těšit

1. Truhla mrtvého muže (Lota Mihulková) 4

2. Mission: Contraction – The Cardiomyocyte Story (Michal Rzeszoto) . . 7

3. Buněčný cyklus v dobrém i ve zlém (Eliška L. Frolová) 11

4. Biostatistický maraton: Kouknu a vidím? (Martin Richter, Eliška Pirnosová) 15

5. Do hlavy mi nevidíš. . . Aneb výlet do mozku a kolem něj (Verra Hanušová) 24

6. Rabbit Island (Peter Deván) 27

Lota Mihulková (e-mail: lota.mihulkova@gmail.com)

1. Truhla mrtvého muže

10 bodů

Při řešení semináře IBIS nezakazujeme využití generativní AI (např. ChatGPT). Veškeré odpovědi, které nám posíláš, by ale měly být psány Tvými slovy a měl bys jim rozumět. Naše plné stanovisko k AI můžeš číst na webu v sekci Jak Řešit.

Všichni máme něco, co je nám drahé, nějaký ten poklad. Něco tak cenného a vzácného, že aby to bylo v bezpečí, uzamkneme to do truhly a zakopeme na neznámý ostrov, aby to naše ex-přítelkyně nenašla… A kdyby byl Davy Jones rostlina, neukryl by v truhle jen své srdce.

Rostliny se na rozdíl od živočichů nemohou pohybovat z místa na místo (taxe). Zdá se to jako maličkost, ale ve skutečnosti je to stěžejní nedostatek, který musí rostliny kompenzovat jinak. Ať už třeba v extrémním počtu potomků nebo nejrůznějšími obrannými strategiemi (například trny, jedy nebo zápach). V této úloze se ovšem zaměříme na to, jakou roli hrají v překovávání těžkostí života bez pohybu podzemní orgány rostlin.

1. Nejprve se však podíváme na tzv. životní formy rostlin. Tento výraz použil dánský botanik a průkopník rostlinné ekologie Christen C. Raunkiær, když vytvářel svůj klasifikační systém. Raunkiærův systém spočívá v de facto „šablonách“ (oněch životních formách), do kterých lze rostliny zařadit na základě jejich ekologických nároků a od toho odvozené morfologie. Dnes tento systém zahrnuje 7 základních životních forem. **Ke každé životní formě doplňte stručný popis včetně ekologických vlastností. Nezapomeňte na polohu obnovovacího pupenu (resprouting bud)!** [3 b]

   - Fanerofyt:
   - Chamaefyt:
   - Hemikryptofyt:
   - Kryptofyt:
   - Epifyt:
   - Terofyt:
   - Aerofyt:

Jak už jste si mohli všimnout, svoje „poklady“, tedy v tomto případě obnovovací pupeny, budou pod povrchem schovávat kryptofyty a některé hemikryptofyty. Ty jsou pro rostlinu velmi stěžejní, protože se postarají o to, že i když je rostlina poškozena, dokáže se ve vegetační sezóně rozmnožit. Což je samozřejmě poslání každého živého organismu. :)

Dále si představíme další podzemní orgány rostlin.

Nejtypičtějším podzemním orgánem je samozřejmě kořen, který primárně slouží k ukotvení k substrátu a příjmu živin a vody. Když chceme prezentovat nějaké závěry o ekologii a stavbě kořene, je podstatné pamatovat na to, že nadzemní a podzemní část rostliny žijí vlastně v odlišných podmínkách. Nemusí proto platit, že kořen rostliny, jež má listy morfologicky navržené k vysoké efektivitě (např.: fotosyntézy), bude také vysoce efektivní.

Naopak! Taková rostlina může mít jen velice krátké a tenké kořeny neabsorbující nějak významné množství vody.

2. To je dáno tím, že kořeny (a další podzemní orgány) stojí proti odlišným výzvám než orgány nadzemní. Níže vidíte tabulku s několika Výzvami, kterým musí kořeny čelit. Na stejný problém může existovat mnoho různých řešení, ke kterým se může rostlina uchýlit, proto nyní zkuste za pomocí ekologické logiky **Doplnit tabulku pro kořeny.**

   a) Do sloupce Adaptace doplňte chybějící jevy/útvary které kořeny mají, aby se s Výzvou vyrovnaly. (Vámi navržená adaptace musí existovat a být prokazatelná u současných rostlin!) [0,5 b]

   b) Do volných řádků sloupce Důvod uveďte, jak konkrétně daný jev/útvar rostlině pomůže se s Výzvou vyrovnat. [1 b]

	Výzva	**Adaptace**	**Důvod**
ukázka vyplnění (list)	Vysoká teplota	malý počet průduchů	snížení výparu, zamezení ztrátám vody
	Písčité sypké podloží	hluboký a mohutný kořenový systém	
	Nedostatek živin		cizí organismus s kořeny „směňuje“ své živiny získané heterotrofně
	Konkurence o prostor	alelopatie (amenzalismus)	
	Extrémní výkyvy teplot		vyšší konc. těchto látek v kořenech → lepší odolnost vůči suchu (způsobenému mrazem a horkem)

Kořeny ovšem nejsou jediným pokladem, který rostliny pod zemí ukrývají. Během evoluce si již zmíněné kryptofyty a hemikryptofyty vyvinuly další podzemní orgány, které jim pomáhají přežít. Takové útvary mají často regenerační, zásobní a rozšiřovací funkci zároveň a rostliny díky nim dokáží přežít nejrůznější typy disturbancí (narušování) nebo mezidruhové konkurence.

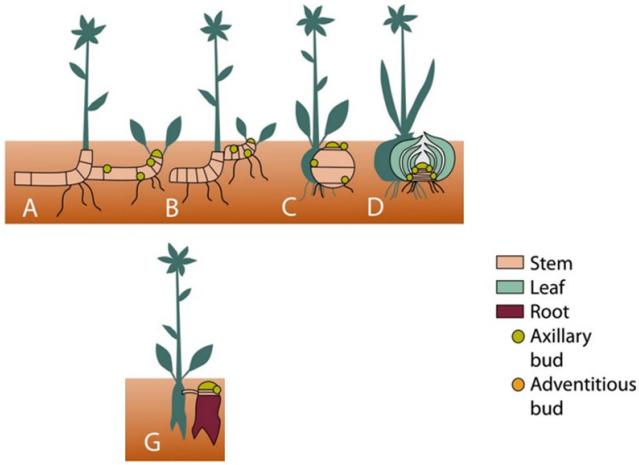
3. Přestože názvosloví těchto podzemních orgánů není zcela jednoznačné a často se napříč vědeckou obcí znatelně liší, je dobré udělat si v tom trochu pořádek.

   a) K definicím dohledejte názvy podzemních orgánů. [2,5 b]

   - Tento podzemní orgán je pouze stonkového původu je tedy členěn na uzliny (nody) a články(internodia). Jedná se o typ oddenku. Místo listů na nodech vyrůstají šupinovité útvary a internodia jsou dlouhá. Vzniká pod zemí a roste horizontálně (jeho hloubka je pak druhově specifická) a umožňuje šíření na velkou vzdálenost. Někdy z něj vyraší nový, hodně olistěný prýt. =.....
   - Tento podzemní orgán je listového a stonkového původu. Stonková část orgánu je výrazně zkrácena a listová část je složena do někdy zdužnatělých, do sebe zapadajících šupin, které chrání vzrostný vrchol mladé rostliny, než vyroste. Orgán může být jednoletý i vytrvalý. =.....

- Tento podzemní orgán je pouze stonkového původu. A má tedy také nody a krátká internodia. Jedná se o typ oddenku. Nody nesou skutečné listy, které se později přemění v šupiny, protože orgán nejprve vznikne nad zemí a až poději je zasypán hlínou. Roste horizontálně i vertikálně, ale jen na relativně krátkou vzdálenost. =.....
- Tento krátkověký podzemní orgán je stonkového původu. Tvoří ho jeden nebo více nahuštěných ztluštělých internodií. Je u nich výrazná schopnost uchovávání zásobních polysacharidů a regenerace, mohou totiž vyrůstat i na koncích oddenků. =.....
- Tento podzemní orgán je stonkového i kořenového původu. Tvoří ho zkrácený stonek a ztluštělé adventivní kořeny. Nové orgány vyrůstají přisedle na starších. Jejich funkce je pouze zásobní. =.....

b) Doplňte názvy podzemních orgánů (ze 3a)) k schématickým nákresům (A, B, C, D, G) rostlin na obrázku. [1 b]



Klimešová J, Martínková J, Pausas JG, de Moraes MG, Herben T et al (2019) Handbook of standardized protocols for collecting plant modularity traits. Perspect Ecol Evol Syst 40:125485 (upraveno)

c) Vyberte ze schémat podzemních orgánů **dvě**. U každého uveďte příklad 1 rostliny a v pár větičkách popište, jak tato rostlina využívá tohoto podzemního orgánu v „praxi“ (např.: Rostlině X pomáhá tento podzemní orgán přežít na vlhké louce tak, že...). [2 b]

Diamaty, rubíny... brambora. V této úloze jsme projeli takový rychlokurz podzemními orgány rostlin, k čemu jsou dobré a jak se mezi sebou liší. To však není vše! Kdybyste se chtěli do tématu morfologie, ekologie a evoluce rostlinných orgánů, rozhodně doporučuji knihu *Těla rostlin. Jak nám tvar rostlin pomáhá v poznání jejich životní strategie* od Jitky Klimešové (případně ang.: *Plant Bodies. How Plant Structures Contribute to Our Comprehension of Their Life-History Strategy*).

Rostlinná ekologie a funkční morfologie jsou široká a zajímavá tématika, která objasňuje často nečekané souvislosti a díky jejich pochopení toho víme o životě rostlin mnohem víc. Takové poznatky umíme zužitkovat ve vědě, ale i zemědělství. Díky nim tak dokážeme aplikovat výzkum na praxi a potenciálně zvýšit výnosy ať už v počtu článků nebo plodin. A to je zase pokladem pro nás.

Michal Rzeszoto (e-mail: rzeszotomichal@gmail.com)

2. Mission: Contraction – The Cardiomyocyte Story

10 points

A friendly reminder:
Your solution of this task is expected to be written in English.

Cardiomyocytes are cells, which form cardiac muscle tissue. This specific muscle tissue can be found only in one place in our body – in our heart, where they make up the middle layer of the heart wall. This layer is called myocardium and is surrounded by endocardium on the inside and epicardium on the outside. As you can guess, the main function of a myocardium is heart contraction, which is essential for continuous circulation of blood through our vessels. That's why we call it "a pump of our body". Cardiomyocytes must work for our whole life 24/7, otherwise the whole perfectly arranged and synchronized system of our body would collapse. In this assignment we will look closer at these cells and try to understand how they work.

First of all, we will look at the morphology of cardiomyocytes – which means, we will focus on the inner and outer structure. When we look at them, we can see, they share something with both skeletal and smooth muscles. For better visualization you can use Picture 1, made by fluorescent microscope.

1. Describe and write down at least 3 typical structures and organelles for a cardiomyocyte. Compare them with analogous structures in skeletal and smooth muscle. [2 pt]

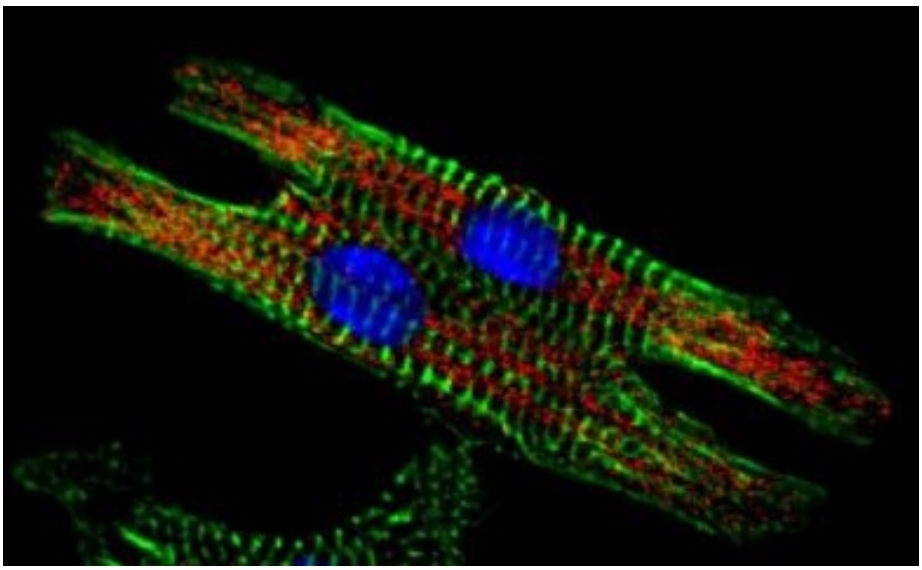


Figure 1: Cardiomyocyte in fluorescent microscope

Now we will focus on one specific and unique structure of a cardiomyocyte. For this question you can use Picture 2 with a histological picture of myocardium.

2. What is the name of the unique structures in Picture 2? Name two main intercellular junctions in this structure, their orientation plus their functions. [1.5 pt]

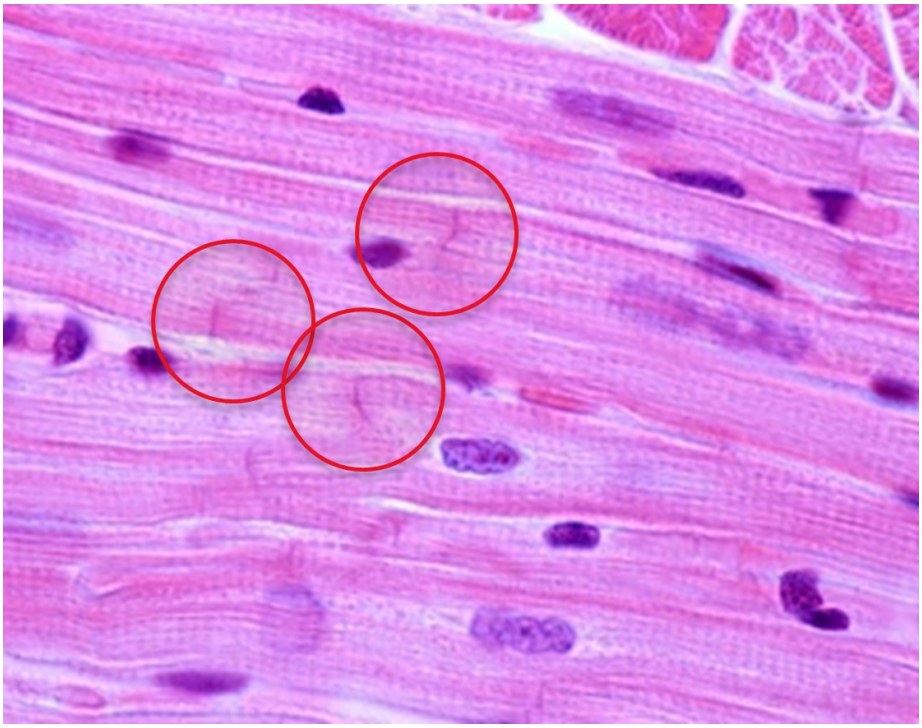


Figure 2: Myocardium in histological picture

Let's move a little into biochemistry of cardiomyocytes and their metabolism. We already know that these cells must work continuously throughout our whole life, for that they need two essential substrates. All these substrates end up in one organelle – these organelles make almost 50 % of cardiomyocyte volume.

3. Write and explain which two substrates and one organelle we are talking about. What is the process we need them for and how is the final product used in cardiomyocytes? [2 pt]

Now as we know some basics, let's move into heart muscle contraction itself. Heartbeat is a cycle, during which contraction alternates with relaxation. The very same thing happens inside all cardiomyocytes. During one cycle thick filament pulls the thin filament closer, causing the whole complex to shrink/shorten. When this happens in many complexes at the same time, cardiomyocytes contract. Because the whole myocardium works as syncytium – cells are contracted at the same time – we can see heartbeats. Quite amazing, right!

For better understanding use picture 3.

4. As you can see, there are some essential terms for thin filament, thick filament and whole complex hidden, write them down. [0.5 pt]

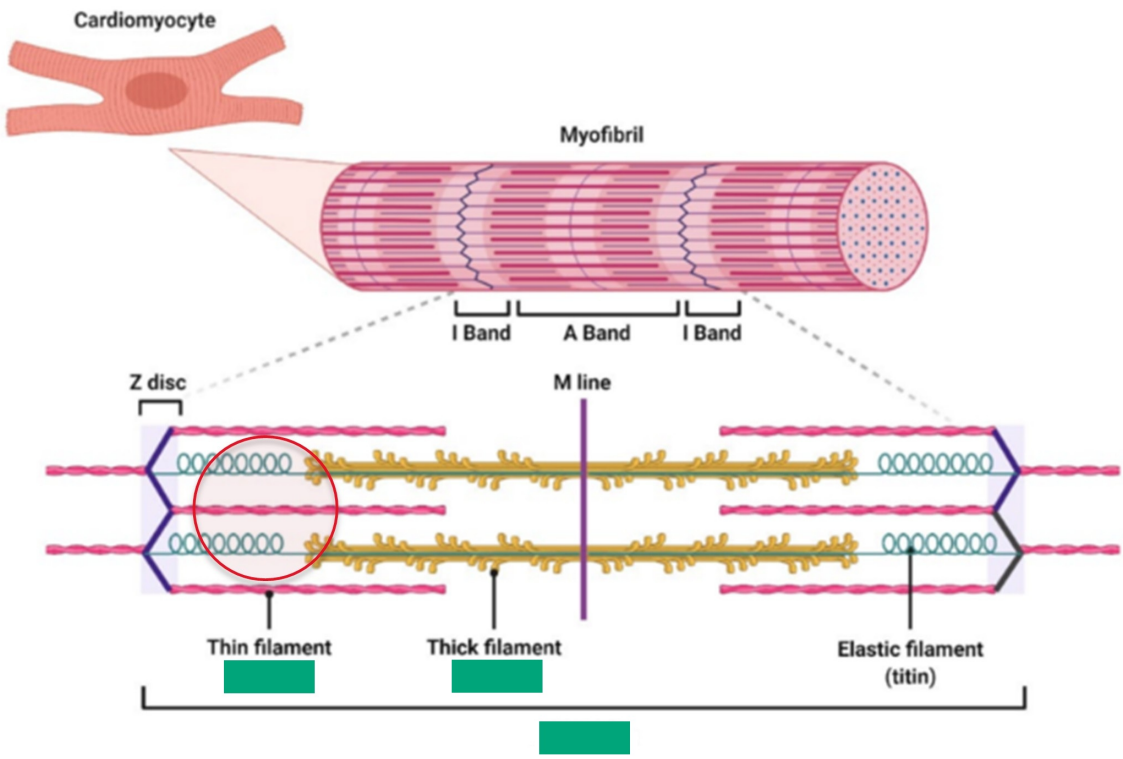


Figure 3: Contraction unit

Do you want to go deeper? Let's zoom the red circle in Picture 2 on a thin filament:

Here we can see that thin filament is made from two linear chains made from globular proteins (monomers). These two chains make a helix; between them is tropomyosin – fibrillar protein made from two helical subunits.

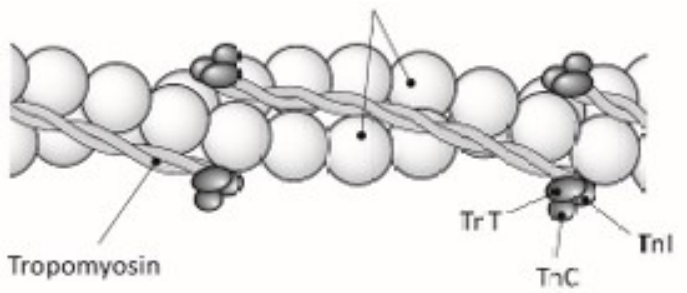


Figure 4: Thin filament

5. As you can see, there are three more structures in the picture – polypeptides with shortcuts TnT, TnI and TnC. What are they called and write a short explanation of their function? [1 pt]

For now, we will focus more on the role of calcium cation. This ion is essential for contraction. After binding to a specific part of the Tn complex from question 5., the whole complex changes its conformation, which allows thick filament to bind to the thin filament.

Now, we will skip the cycle between contraction and relaxation on a molecular level, but feel free to search it online after this assignment.

As you can see, the calcium cation / Ca^{2+} is quite an active signal molecule, which can initiate contraction, that is why the intracellular cytoplasmic concentration of this ion is almost zero.

6. Where does the cytoplasmic calcium cation during contraction come from? Explain what shortcut CICR (in relation to heart muscle contraction) means and how it works. Explain where a calcium cation comes from in heart muscle compared to skeletal and smooth muscle. [2 pt]

Unfortunately, we won't cover relaxation in the same detail, but once again, feel free to check it later. At the end of this assignment as we know how cardiomyocytes look and contract, we should answer one more thing.

7. Why do calcium channels open in the first place? What starts the whole depolarization process, and from where (which structure) does it originate? [1 pt]

Eliška L. Frolová (e-mail: eliska.l.frolova@gmail.com)

3. Buněčný cyklus v dobrém i ve zlém

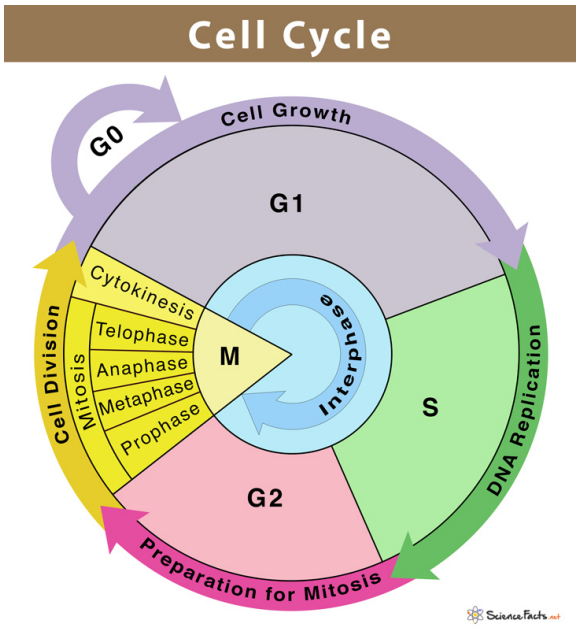
20 bodů

Buněčné dělení *je základní rutinní proces, který umožňuje navyšování počtu dceřiných buněk. Je základem růstu i rozmnožování živých organismů.* – máte lehké *déjà vu* z minulé sady úloh? Pak ho máte správně, nyní se ponoříme ještě hlouběji v molekulárních procesech a seznámíme se s dalšími hráči buněčného dělení a mechanismy, které se odehrávají pod pokličkou tohoto elementárního, avšak převelice důležitého, buněčného procesu.

Nyní již budeme vycházet z klasického schématu buněčného cyklu, kterým jsem vás minule lehce potrápila.

Tuto úlohu lze určitě řešit samostatně, ale pro lepší představu se můžete podívat do autorského řešení předchozí úlohy, nebo si jednoduše nastudovat fáze buněčného cyklu v hrubých obrysech na wikipedii či ve wikiskriptách. V obecné rovině může ke shrnutí sloužit obrázek níže.

My se postupně podíváme ještě trochu dál, po stopách nejen buněčného dělení u eukaryot...



Obrázek 1: schéma buněčného cyklu Cell Cycle: Definition, Phases, and Diagram

V každé z fází ve schématu se děje něco jiného, jak již popisek, barevné odlišení, či jejich samotný název napovídá :). Nevím, jak vám, ale mně velmi dlouho unikala skutečnost, jak je možné, že buňka ví, co má kdy dělat. Jak ví, kdy má přejít z jaké fáze do které, kdy se přestat dělit a kdy do toho intenzivně *šlápnout*. Protože ty jednotlivé fáze jsou takto nazvané a (barevně) odlišené námi lidmi, nikoli samotnou buňkou. Na první pohled nevypadá, že by buňka měla nějaký mozek, velín, který by se staral o její další osud. Ale možná by se tak dalo nazvat jádro s DNA, kde se informace kumulují.

1. Jak byste jednoduše, klidně malému dítěti, vysvětlili, co vlastně rozhoduje a „pohání“ buňku k tomu, jestli se začne dělit, nebo ne, a jak na sebe jednotlivé kroky dělení navazují? [1 b]

   Jednoduše, záleží na vnímavosti buněk :), berte to jako lehkou nápovědu, na kterou nyní oslím můstkem navážeme… Již v minulé úloze jste dostali otázku na **kontrolní body** buněčného cyklu.

   Jedná se o tzv. bod RESTRIKCE (RP, *restriction point*) v G1 fázi. Dále kontrolní bod v G2 fázi, který rozhoduje o vstupu do M fáze. A o kontrolní bod v anafázi, části mitózy, která rozhoduje o správně načasovaném rozestupu chromozomů od sebe.

2. Zastavíme se u bodu restrikce, který se z pochopitelných důvodů stává klíčovým místem rozhodnutí, zda bude buňka v cyklu pokračovat či zůstane v G0 (klidové) fázi. Někdy se sled událostí v buňce právě od bodu restrikce připodobňuje k následujícímu obrázku. Krátce odůvodněte. [1 b]

Obrázek 2: *21 Dominoes Falling Royalty-Free Images, Stock Photos & Pictures | Shutterstock*

3. Co je také důležité si uvědomit je fakt, že se buňka ve fázi G1 řídí také podněty z a) _____ , avšak po překročení bodu restrikce již nikoliv. Při průchodu bodem restrikce musí být v nerovnováze: b) _____ (zde hledáme obecné pojmy, ke konkrétním „hráčům“ se dostaneme v dalším úkolu). Doplňte větu. [1 b]

4. Jednotlivé hráče, molekuly, které se v souvislosti s buněčným cyklem často skloňují, si představíme v následujícím textu. Po přečtení krátkého úvodu je vaším úkolem vyhledat a doplnit názvy našich aktérů, regulátorů buněčného cyklu, kteří se vám krátce představí. Někde je třeba doplnit i další informace. Číslo za písmenem udává počet písmen ve slově. Pokud se v textu vyskytuje kombinace písmena a čísla, které jste již doplnili, jedná se o totéž slovo, které může být jinak skloňované. [4 b]

   Pro řízení buněčného cyklu, tedy sledu událostí ústící v buněčné dělení je důležitých hned několik typů proteinů. Jejich rozdílná míra exprese a následná aktivita řídí, v jaké fázi se buňka zrovna nachází a co bude dále následovat.

   a) *„My se představíme jako první! Jmenujeme se (A7), jsme ve stínu našich kolegů, ačkoliv pro jejich funkci jsme nezbytné, a tak trochu je upravujeme k obrazu svému, bez nás se k našim dalším parťákům ten (B6) prostě nepřilepí.“*

b) *„Netřeba nás představovat dlouho, jsme prostě (C3), více slov netřeba.. Odlišujeme se mezi sebou (D5), narozdíl od těch (A7), ty se odlišují tak, jako kdyby byly nějaké vitaminy! Názvy jsou vlastně taková pomůcka pro lidi, my se poznáme, protože vypadáme strukturně jinak.“*

c) *„Ke mně se (B6) přilepuje až až a když je ho přehršel, především kvůli některým (C3) s (A7), že ano? tak už neudržím parťáky (E3), kteří, když se mě pustí, tak dávají naší nadřízené, buňce pokyn pro replikaci a postup v dělení. No já bych to dělení tak často nezačínal, ale (C3) s (A7) jsou hrozně hrrr... naštěstí proti (C3) fungují například tzv. (C3) (F10). Takže pak bodem restrikce, kde tomu velím já, buňka tak často neprojde. “*

d) *„No a jeden z (C3) (F10) aktivuji já (G3), kdybyste mě náhodou neznali, říká se mi z pochopitelných důvodů (H7), nekoriguji jen buněčný cyklus, ale třeba i apoptózu nebo opravy DNA. “*

5. U předchozího textu ještě zůstaneme, mám na Vás totiž několik doplňujících otázek. [5 b]

   a) Zapátrejte, co přesně v tomto kontextu znamená věta *„tak trochu je upravujeme k obrazu svému.“* z odstavce a) - *očekává se odpověď v cca 2–3 větách.*

   b) Pojmenujte, jak se obecně nazývají funkční antagonisté proteinů (C3) z odstavce b), ptám se na název skupiny enzymů. Jakou plní v organismu obecnou funkci?

   c) *Krátce vysvětli funkci parťáků (E3), co jejich zkratka znamená. Dále dopiš jméno toho nezdvořáka, proteinu, který se v odstavci c) nepředstavil jménem :).*

      S jakým onemocněním je spojován a u které věkové skupiny se nejčastěji vyskytuje?

   d) Nyní se přesuneme k odstavci d), jak se ještě jinak dá nazvat (G3)?
      Jak se jmenuje gen kódující tento protein?
      Proč jsou mutace genu pro (G3) pro lékaře a vědce takovým strašákem?

Tímto jsme si v trochu jemnějších obrysech prošli buněčný cyklus z molekulárního pohledu. Mějte ale na paměti, že je to ještě více komplikované a nyní jsme si nastínili spíše základní rysy a mechanismy společně s aktéry buněčného cyklu. Je zřejmé, že molekulární mechanismy jsou velmi striktně regulované. Lehce už jsem tedy naťukli také další podtéma... co se stane, když se regulace vymkne kontrole.

I mistr tesař se někdy utne...

Když se regulace vymkne kontrole, může dojít k nádorovému bujení. Záměrně píši může, protože k progresi nádorového onemocnění rozhodně jedna *změna* – mutace – například jednoho proteinu z úkolu 4 - nestačí. Podobných mutací, které mají vliv na celou řadu procesů v buňce, se musí sejít více. Budoucí nádor musí vzniknout také v (pro něj) vhodném (mikro)prostředí, aby vůbec dokázal prosperovat.

O vzniku nádorů v této úloze pochopitelně píši z důvodu, že jednou z vlastností nádorových buněk je jejich nadměrné dělení (deregulace buněčného cyklu). Tím se liší od buněk zdravých.

6. Jmenujte nejméně další 3 charakteristiky (zde se zaměřte na fenotypové, tedy, jak vypadají pod mikroskopem, například v tkáňovém řezu), kterými se liší nádorová buňka od zdravé. [1 b]

7. Jakými dalšími získanými vlastnosti nádorové buňky disponují? Jmenuj jich alespoň 5 a krátce je popište. [2,5 b]

8. Dále nalezněte méně klasickou vlastnost nádorových buněk nebo objev, který pár větami popište, o kterém se může zatím jen v souvislosti s progresí nádorových onemocnění uvažovat – vyhledejte k němu i článek (ne starší než z roku 2021) . Nemusí se tedy jednat o sesumírovanou a pojmenovanou vlastnost, ale nějaké nové zjištění, které nám doplňuje další dílek skládačky o biologii nádorů. Články lze hledat na stránkách, jako je například PubMed, Google Scholar a nebo lze také využít nástroje umělé inteligence, například Scispace. [1 b]

9. Nadměrná schopnost dělení, deregulace buněčného cyklu jde ruku v ruce z jednou vlastností, na kterou jste při předchozích odpovědích na otázky dost možná narazili.
   Zdravé buňky totiž disponují tzv. _ _ _

Martin Richter, Eliška Pirnosová (e-mail: martinri@email.cz)
(e-mail: epirnosova@mail.muni.cz)

4. Biostatistický maraton: Kouknu a vidím? 20 bodů

Tato úloha je druhá z našeho třídílného maratonu zaměřeného na biostatistiku. Řešení této úlohy, nebo alespoň čtení průvodního textu, pro Vás může být při řešení další úlohy výhodou, není ale nezbytné pro její úspěšné vyřešení. To samé platí i o úloze minulé.

V první úloze jsme se naučili formulovat vědeckou otázku. Nyní jsme se ocitli v procesu jejího zodpovídání, dostáváme se k prvním datům a naučíme se orientovat v problematice jejich základního (před)zpracování.

V minulé úloze jsme naplánovali experiment a nasbírali data. Takhle by to mělo vypadat v ideálním případě – datasetu rozumíme, sběr dat si pohlídáme a odpadnou nám mnohé starosti. V praxi se ale často stane, že rovnou dostaneme nějaká data a nejprve musíme zjistit, co jsou vlastně zač.

Dvakrát měř, jednou řež

Než se pustíme do jakýchkoliv složitých analýz, je dobré se podívat, co v datech máme a jestli vše odpovídá našim představám. Jestli rozumíme všem sledovaným vlastnostem a jestli data neobsahují nesmyslné nebo chybějící hodnoty... Tuto část analýzy můžeme nazvat několika pojmy, které mají každý trochu význam, ale dohromady nám prozradí, co od ní můžeme čekat:

- Explorační/exploratorní analýza dat
- Čištění dat
- Příprava (preprocessing) dat
- Kontrola kvality dat

Pomoci nám k tomu mohou různé popisné/sumární statistiky a vizualizace pomocí grafů. Základní popisné statistiky už jste určitě někdy viděli – ve škole, vědeckém článku nebo třeba ve zprávách. Jedná se o veličiny/výpočty, které používáme s cílem charakterizovat co nejpřesněji studovaný znak (nasbíraná data z velkého počtu pozorování) pouze s pomocí jednoho/několika málo čísel. Náš mozek totiž na jednu stranu hrozně rád věci třídí do přehledných tabulek, ale na stranu druhou, jakmile jsou tabulky velké, nedokáže z nich moc vyčíst a udělat si o datech nějakou stručnou představu.

1. Vypočítejte průměr a medián pro následující datasety: [1 b]
   a) 1, 3, 4, 6, 8, 9
   b) 1, 2, 5, 8, 1230
2. Na základě „datasetů“ a svých výsledků z [1] krátce shrňte výhody a nevýhody použití průměru a mediánu. [1 b]
3. Proč nejsou průměr a medián samy o sobě dostatečně vypovídající o vlastnostech daného znaku (tj. i studovaného vzorku populace)? Čím bychom měli údaj (průměr/medián) doplnit, abychom lépe popsali, jak data vypadají? [1 b]

Chybějící data

V ideálním případě samozřejmě máme data kompletní a nic nám v nich nechybí. Ale protože nežijeme v ideálním světě, v datovém souboru se nám objevují nevyplněná políčka. Důvodů za nimi může být mnoho: Online dotazník neodeslal odpověď; Pacient se nedostavil na konkrétní vyšetření; Toho dne zrovna měl laboratorní technik dovolenou.

V případě chybějících dat bychom se nejraději vrátili v čase a data do souboru doplnili. Než ale vynalezneme stroj času, budeme si muset poradit jinak. Jako datoví analytici se nejprve musíme zamyslet, proč data chybí, a jestli data chybí náhodně, nebo systematicky.

- **Data chybějící zcela náhodně:** (MCAR – Missing Completely At Random)
  Za chybějící data často může lidská chyba nebo opravdu náhoda. To, že data chybí, proč chybí a kde chybí, není spojeno s žádným dalším znakem, například: Asistent zapomněl zaznamenat měřený údaj; ten den se zrovna porouchal přístroj.
- **Data chybějící náhodně:** (MAR – Missing At Random)
  Chybějící data jsou spojena s jinou skutečností, znakem, který ve studii můžeme a nemusíme sledovat. V rámci daného (sledovaného) znaku jsou chybějící hodnoty náhodné, nebo tak alespoň působí. Je ale možné chybějící hodnoty vysvětlit pomocí jiného znaku, například: U chybějících data z preventivních prohlídek u lékaře je potřeba zohlednit věk, protože mladí lidé chodí na prevence málo a nepravidelně.
- **Data chybějící nenáhodně:** (MNAR – Missing Not At Random)
  Chybějící data jsou spojena přímo s hodnotou daného znaku. Pokud získáme vzorek proteinu s velmi malou koncentrací, bude signál pod rozlišovací schopností přístroje a údaje o koncentraci proteinu nám tak budou chybět.

4. Zařaďte následující situace do kategorií popsaných výše: [1 b]
   a) Samci Ibise rudého nemají uvedenou velikost snůšky vajec
   b) Jedna skupina myší v našem experimentu uhynula na infekci nesouvisející s naším výzkumem, a chybí nám tak několik posledních měření.
   c) Při výzkumu biodiverzity nebyly ovzorkovány těžko přístupné lokality
   d) Přijatý pacient nevyplnil self–reported dotazník o zdravotním stavu, protože byl v bezvědomí.

Je dobrou praxí provádět všechny analýzy v rámci jednoho experimentu na stejné datové sadě, proto musíme chybějící hodnoty nějak vyřešit ještě předtím, než se do analýz pustíme.

Celkem máme 5 přijatelných možností, jak se k chybějícím datům postavit:

1. Chybějící údaje jsme schopni získat přesně (např. je lze doměřit a v čase se nezměnily nebo nám tato změna nevadí).
2. Úplně vyloučíme všechny záznamy, které nejsou kompletní, tj. chybí jim kterýkoliv z údajů.
3. Vybereme si nejdůležitější studované znaky pro zodpovězení hypotéz a ostatní vyřadíme. Můžeme se tak zbavit znaku, který má mnoho chybějících hodnot (ale jen za předpokladu, že nenese kriticky významnou informaci pro naši studii!).

4. Chybějící znaky označíme jako speciální kategorii znaku. Např. velmi malé děti nejsou schopny popsat stupeň bolesti, to ale neznamená, že bolest necítí, ani že tuto otázku musíme vymazat i u dospělých.
5. Chybějící data **imputujeme**. To znamená, že nějakým způsobem odhadneme/vypočítáme chybějící údaje.

Každý z těchto přístupů je různě vhodný pro náhodně/nenáhodně chybějící data. Nesou s sebou různé důsledky z pohledu jak etiky a ekonomiky experimentu, tak i analýzy dat a samotné biologie, kterou zkoumáme. Tak jako tak ale nějakou metodu zvolit musíme...

5. Vraťte se k otázce [4] a pro každou situaci napište, kterým z výše uvedených způsobů byste ji řešili. Neexistuje jedno správné řešení, důležité je umět své rozhodnutí odůvodnit. [1,5 b]

6. **Imputace** dat je většinou docela komplexní problém, někdy ji ale přeci jen můžeme udělat snadno a bez chyb – například když známe datum narození a chybí nám věk v letech. Napadnou vás nějaké 3 další příklady, kde můžeme nějakou kolonku doplnit za pomocí nějakých jiných údajů?
Neuvádějte triviální příklady převodů jednotek. [1,5 b]

Odlehlé a chybné hodnoty

V datech se také mohou objevit hodnoty, které jsou „daleko od ostatních“. Říkáme jim extrémní nebo odlehlé hodnoty (případně outliers, outlieři) a často si jich všimneme už při tvorbě sumárních statistik a exploratorních grafů. I malé množství odlehlých hodnot nám může zkreslit další analýzy (viz 1.b)), je tedy potřeba vědět, co s nimi.

Obecně jako v celé biostatistice, i zde platí, že neexistuje přesný postup, ale je to na intuici biostatistika. Očividně chybné hodnoty (nesmyslné, nefyziologické) můžeme opravit. Je potřeba myslet na to, že se opět jedná o imputaci dat a můžeme ji udělat pouze pokud jsme si jistí, jak chyba vznikla a umíme ji opravit, aniž bychom vnesli do dat jinou chybu. Hodnoty můžeme také smazat a dále se k nim chovat jako k hodnotám chybějícím. V ideálním případě můžeme zkusit kontaktovat člověka, který data sbíral, což nám může některé chyby objasnit (veterinář nám třeba řekne, že mezi data psů se mu zatoulalo jedno morče... ups).

Pokud hodnoty nejsou očividně chybné (nesmyslné), v datasetu bychom je měli ponechat. (Ideálně zkontrolujeme, že odlehlost nebyla způsobena nějakým jevem, který v datech nesledujeme).

Například – měříme teplotu zdravých lidí, ale k výzkumu přijde i nějaký nemocný se zvýšenou teplotou. Jeho odlehlá hodnota není relevantní pro naši studii, ale nemůžeme ji prohlásit za chybnou – opravdu jsme ji změřili. Je způsobena tím, že jsme nezkontrolovali, že je zdravý, a do výzkumu se vůbec neměl dostat. Zpětně už ale nezjistíme, jestli daný člověk byl opravdu nemocný, nebo jde o skutečnou hodnotu, a jeho měření musíme v datasetu ponechat.

7. Prostudujte následující 4 příklady, kdy byly v datech nalezeny potenciální odlehlé hodnoty a pro každý odpovězte na následující otázky:

   - Je s daty něco špatně? Co?
   - Jaké hodnoty byste pro daný znak/vlastnost očekávali? Jaké hodnoty už byste označili jako chybné? Pokud vaše odpověď vychází z literatury, citujte zdroj.
   - Jak si myslíte, že odlehlá hodnota vznikla?
   - Jak byste ji opravili, případně zda-li byste se rozhodli ji (ne)opravit? [2 b]

   a) Ve sloupci „Sex“ se krom množství hodnot „M“ a „F“ objevilo ještě „Žena“
   b) Ve sloupci „Tělesná teplota“ máme několik pacientů s hodnotami mezi 97 a 100
   c) Ve sloupci „název genu“ se objevilo několik datumů: September 1st, March 1st a October 4th
   d) V databázi suchozemských plazů má jeden záznam „věk: 240 let“.

Typy dat a vizualizace

Znaky můžeme dělit na **kvantitativní** (numerické) a **kvalitativní** (kategoriální). Kvantitativní znaky můžeme charakterizovat číselnou hodnotou (třeba výška nebo váha), kdežto kvalitativní můžeme řadit do kategorií, ale kvantifikovat je nelze (např. zařazení rostliny do druhu, ale i stádium I/II/III/IV nemoci).

Od tohoto rozdělení se odvíjí i to, jak data vizualizujeme – což si ukážeme v této sekci na datasetu s tučňáky (palmerpenguins).

Jedna kategoriální proměnná:

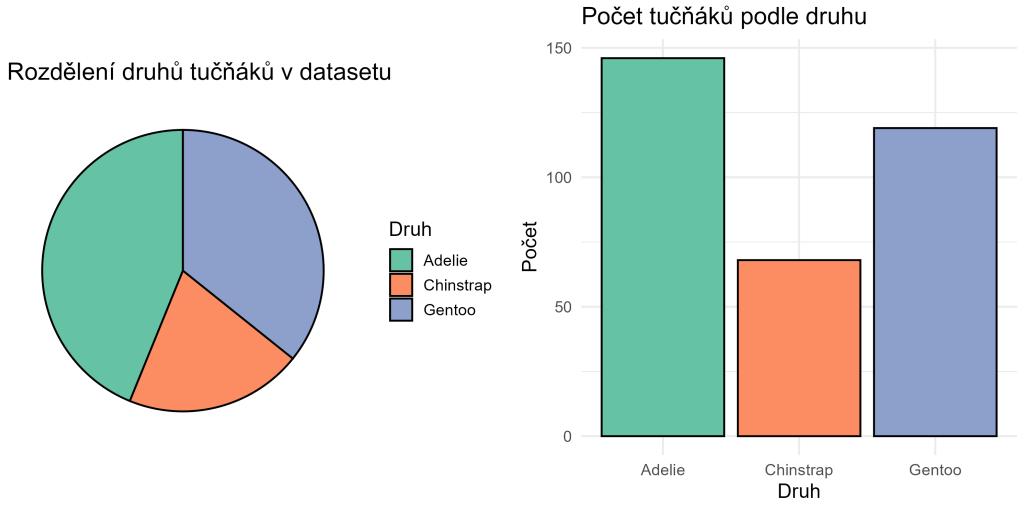
Pro zobrazení jedné kategoriální proměnné (zde druhy tučňáků) můžeme použít koláčový nebo sloupcový graf. Oba jistým způsobem shrnují a zobrazují danou kategoriální proměnnou.

8. V datech se vyskytují 3 druhy tučňáků: Adelie (*Pygoscelis adeliae*), Chinstrap (*Pygoscelis antarcticus*) a Gentoo (*Pygoscelis papua*). Podívejte se na to, jak studovaní tučňáci vypadají. No nejsou roztomilí? [0 b]

   Abychom zůstali konzistentní s druhovými jmény v datech, budeme pro druhy používat jejich anglické názvy. Abychom je odlišili od českého textu, budeme je psát s velkým písmenem.

9. Pouze s pomocí grafů níže odpovězte na otázky:

   a) Jaká část (procento) tučňáků je z druhu Chinstrap? Který druh je zastoupený nejvíce? Přibližně kolik jedinců druhu Gentoo máme v datasetu? [0,5 b]
   b) Se kterým grafem se ti pracovalo lépe? Dokážeš vyčíst všechny informace z obou? [0,5 b]



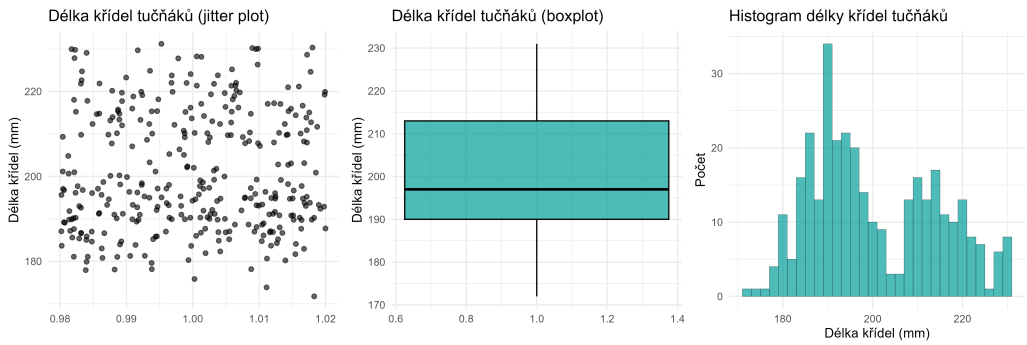
Obrázek 1: Grafy k otázce 9.

Jedna kvantitativní proměnná

Pro zobrazení jedné numerické proměnné už máme mnohem více možností – mezi ty základní patří: **jitter plot**[1], který zobrazuje hodnoty všech pozorování (posun doleva/doprava je náhodný, aby se body nepřekrývaly), **boxplot**, který zobrazuje medián dat a jejich variabilitu, a **histogram**, který data sumarizuje do rozsahů hodnot (např. 180–182 mm) a znázorňuje počty záznamů v daných rozsazích.

Co konkrétně zobrazuje boxplot? Horizontální čára ukazuje medián. Výška boxu ohraničuje horní a dolní kvartil dat (25 % nejvyšších a nejnižších dat), uvnitř boxu je tedy přesně 50 % „prostředních“ pozorování. Fousky pak dále ukazují variabilitu znaku. Boxplot se občas kombinuje se zobrazením jednotlivců (jako jitter plot) pro zobrazení outlierů. Také se navíc dá tečkou zobrazit průměr.

10. Jaký je medián délky křídel pro všechny skupiny? Jakou délku křídel jsme pozorovali nejčastěji? Kolik tučňáků má křídla delší, než 230 mm? [1 b]



Obrázek 2: Grafy k otázce 10.

[1] Pro názvy grafů existují více či méně používané české alternativy. U těch méně zažitých se držím obecně užívaných anglických názvů.

Jedna kvalitativní a jedna kvantitativní proměnná

Tato situace je velmi obdobná vizualizaci jedné kvantitativní proměnné, kterou navíc rozdělíme do skupin podle kvalitativní proměnné. U jitterplotu a boxplotu prostě dáme skupiny vedle sebe. U histogramu pak máme několik možností, jak rozdělení do skupin zvýraznit: Hodnoty buď ukazujeme vedle sebe, přes sebe, nebo nad sebou (v grafu níže je zvolena druhá varianta, překrytí).

11. V datech jsou dva outlieři, kde? Který druh má v mediánu nejdelší délku křídel? Když nalezneme jedince s délkou křídel 190 mm, ze kterého druhu pravděpodobně bude? [1 b]

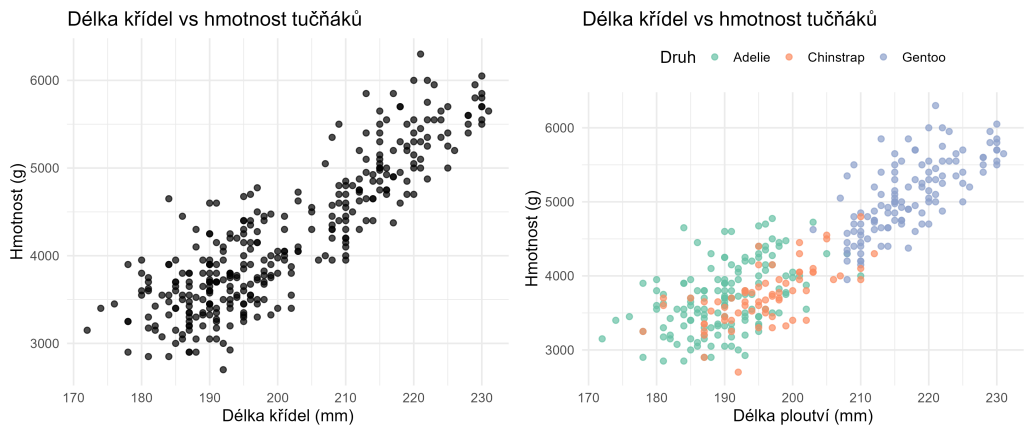
Obrázek 3: Grafy k otázce 11.

Dvě kvantitativní proměnné

Poslední „jednoduchou“ situací je zobrazení dvou kvantitativních znaků. Každý z nich je vyobrazen na jedné ose. Nejčastějším grafem pro tuto situaci je **scatter plot**, který v bodech zobrazuje konkrétní měření.

Do těchto grafů opět můžeme zanést kategoriální proměnnou pomocí barev.

12. Jaký je vztah mezi váhou tučňáka a délkou jeho křídel? Jak interpretovat to, že druh Gentoo je v grafu „vpravo nahoře“ – co o zástupcích druhu můžeme říci? [1 b]



Obrázek 4: Grafy k otázce 12.

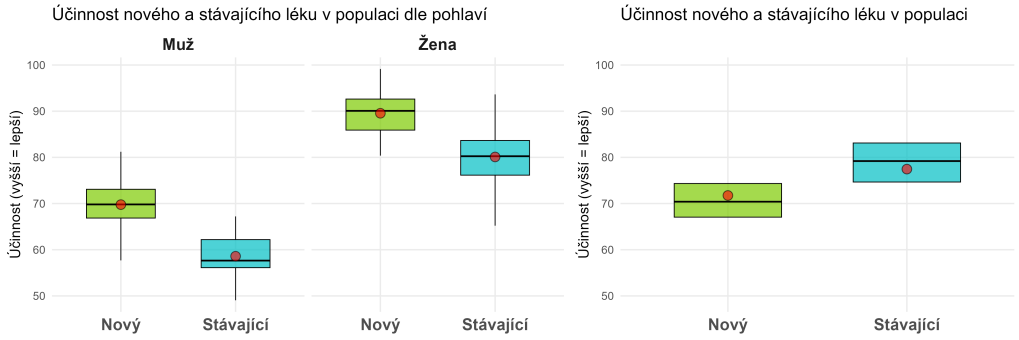
Simpsonův paradox

Na vizualizace navážeme mým oblíbeným paradoxem (tedy něčím, co na první pohled vypadá nesmyslně, ale po chvíli zamyšlení dává naprostý smysl). Dobře ilustruje to, že vizualizace nás mohou klamat – a to nejen, když je to záměr jejich tvůrce.

Dva grafy níže srovnávají účinnost léku, který naše firma vyvíjí, se stávající léčbou. V laboratoři jsme už slavili, když jsme viděli, že náš lék je účinnější u mužů i u žen. V zápětí naši radost zkazil šéf, který přišel s grafem druhým, ze kterého už to tak slavně nevypadá.

13. Vysvětlete, jak k tomuto paradoxu dochází. Co poradit našim výzkumníkům, aby se podobná situace v budoucnu neopakovala? [1 b]

14. Je tedy oproti stávající léčbě náš lék lepší, horší, nebo to nemůžeme posoudit? [0,5 b]



Obrázek 5: Grafy k otázkám 13. a 14.

Praktická část

Nyní je čas znovu projít to, co jsme se zatím naučili! Do rukou vám přistál datový soubor fevdata[2], a příslušná metadata k němu: fev_metadata. Váš vedoucí po vás chce, abyste mu udělali preprocessing dat a zkontrolovali odlehlé hodnoty. Žádná data v souboru naštěstí nechybí.

Soubor s daty obsahuje pouze samotné hodnoty měření, aby se dobře zpracovával počítačem. Neobsahuje tedy důležité informace, které se týkají experimentu jako celku – kdy a kým byl proveden, jaké znaky a jak byly naměřeny… Tyto informace doplňuje soubor s **metadaty**, ve kterém je mnoho užitečných informací.

Na oba soubory se teď podívejte.

15. Prvním krokem je porozumět datům, která jsme dostali. [1,5 b]
    a) Kolik je v datech pozorování a pozorovaných znaků? Z jakého roku a místa pochází studie, při která byla tato data sbírána? Co tato studie zkoumala?

[2] Jedná se o často používaná data pro příklady v analýze dat, a skvěle poslouží i našemu cvičení. Na internetu existuje spousta lépe i hůře zpracovaných analýz tohoto souboru, a protože nevíte, jak je odlišit, na otázky odpovídejte dle sebe!

b) Krátce popište všechny znaky – co představují, jaké typy hodnot se v nich nachází, v jakých jednotkách.

c) Je dobré hned na první pohled vidět, jestli jsou nějaké hodnoty špatně. Tomu mohou zabránit například jednotky, na které nejsme zvyklí. Vyskytují se takové v datech? Pokud ano, jak byste data převedli na jednotky, se kterými se bude pracovat lépe?

16. Jaké hodnoty očekáváte v jednotlivých sloupcích? Co budete v daných sloupcích považovat za chybnou hodnotu? U sloupce FEV rozsah běžných hodnot dohledejte v literatuře a řádně ocitujte. [1 b]

17. Na screenshotu níže jsou vypsané sumární statistiky pro naše data. Obsahují minimum, medián, průměr, maximum a hodnoty na 1. a 3. kvartilu (viděli jsme už dříve – ohraničují box boxplotu). Hodnoty srovnej s očekáváními z minulé otázky. Jsou dle tebe hodnoty v pořádku, nebo máme v datech nějaké očividné chyby, které budeme muset vyřešit? [1 b]

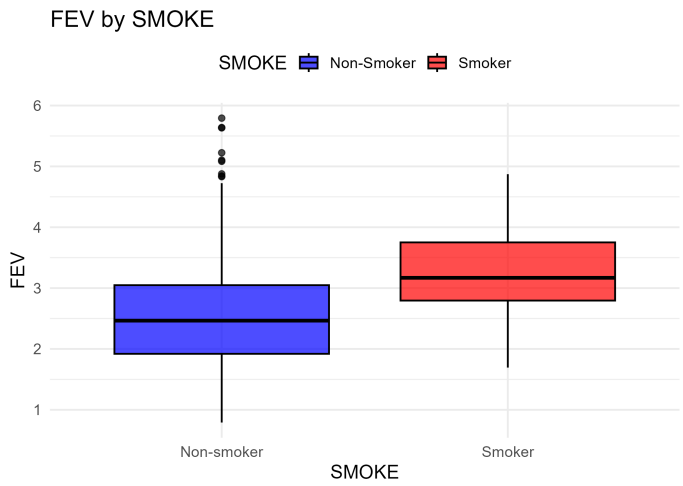
```
> summary(fev)
      AGE              FEV            HEIGHT          SEX             SMOKE
 Min.   : 3.000   Min.   :0.791   Min.   :46.00   Female:318   Non-smoker:589
 1st Qu.: 8.000   1st Qu.:1.981   1st Qu.:57.00   Male  :336   Smoker     : 65
 Median :10.000   Median :2.547   Median :61.50
 Mean   : 9.931   Mean   :2.637   Mean   :61.14
 3rd Qu.:12.000   3rd Qu.:3.119   3rd Qu.:65.50
 Max.   :19.000   Max.   :5.793   Max.   :74.00
```

Obrázek 6: Shrnutí sumárních statistik na fev datech

Nyní jsme nabyli nějaké biologické povědomí o problému a provedli úvodní kontrolu dat. Vesele na nich můžeme začít provádět explorativní analýzu. V ní nás bude zajímat především FEV, okolo kterého se naše studie točí.

18. Jaký očekáváš, že budou mít vliv všechny ostatní proměnné na FEV? Zdůvodni, proč si myslíš, že to tak bude. [1 b]

19. Mne osobně nejvíc zajímal vliv „SMOKE“ na FEV. Výsledek lze vidět níže. Odpovídá tvé intuici? Pokud ne, existuje nějaké vysvětlení (třeba schované za jinou proměnnou)? [1 b]



Obrázek 7: Graf k otázce 19.

Že z grafů něco nějak vypadá je dobrá stopa nebo vodítko, ale formálně to jako odpověď považovat nesmíme. Mluvit o závěrech s určitou jistotou vyžaduje ověření mnoha podmínek a provedení složitějších statistických metod (testů), na které zde není prostor. Na VŠ se s nimi nicméně téměř s jistotou setkáte – vyhodnocení dat je součástí každého experimentu, článku, projektu...

I explorativní analýza nám ale poskytuje cenné informace a je spolu s předzpracováním dat velmi důležitou součástí výzkumu a datové analýzy.

Doufáme, že vám tato úloha poskytla trochu vhledu do přemýšlení biostatistika a ukázala, že za pokročilými analýzami nestojí jen spousta matematiky, ale i pochopení biologické podstaty problémů a intuice. Budeme se na vás těšit v příští sadě, kde si ukážeme na vašich datech o banánech, jak to vypadá v praxi!

Verra Hanušová (e-mail: verra.hanusova@gmail.com)

5. Do hlavy mi nevidíš... Aneb výlet do mozku a kolem něj

20 bodů

Říká se, že neurochirurgové se šťourají lidem v mozku. Psychologové dělají v podstatě totéž, v metaforické rovině. Neuropsychologie se pak snaží o propojení poznatků z neuroanatomie a neurofyziologie. A nezapomíná přitom na lidskou duši. Pojďme se společně vydat na menší exkurzi do mozku i kolem něj, a třeba tak poznat to, co se děje v hlavě nám i lidem kolem nás, zase z jiného pohledu...

Nejprve se podíváme na to, co nervovou soustavu vlastně tvoří.

1. Nervová soustava je tvořena dvěma základními typy buněk. Jedná se o _____ a _____ . Jejich poměr je __ : __ [1,5 b]

2. Viděli jste někdy skutečný lidský mozek? Pokud ne, doporučuji vám si takový obrázek najít. Možná vás překvapí, že není tak sytě oranžový či okrový, jak vídáme na obrázcích. Ve skutečnosti má mozek bělavou barvu. Jaká hmota je zodpovědná za bílé zbarvení mozku a jaký typ buněk tuto hmotu tvoří? [1 b]

3. Jedním z typů gliových buněk jsou mikroglie. Zajímavé jsou mimo jiné vtom ohledu, že se využívají při diagnostice některých neuropsychiatrických onemocnění, například Alzheimerovy choroby. Na jakém principu diagnostika za pomoci mikroglií funguje? [1 b]

U gliových buněk v souvislosti s neuropsychiatrickými diagnózami ještě chvíli zůstaneme. Podíváme se na závažné duševní onemocnění z okruhu psychotických poruch, a sice schizofrenii. Toto onemocnění je řazeno mezi závažná zejména z toho důvodu, že kolem 70 % osob s touto diagnózou pobírá invalidní důchod. Život se schizofrenií je tolik obtížný a omezující zejména díky existenci tzv. negativních příznaků.

4. Co jsou to negativní příznaky a jakou roli při jejich vzniku u schizofrenie hrají astrocyty? [2 b]

Už nyní může být zřejmé, že mnohá duševní onemocnění nevyléčíme pouze silou vůle (Však je to celé v hlavě, že ?!). Schizofrenie může být příhodným důkazem toho, že v případě leckterých psychiatrických diagnóz dochází k patologickým neurofyziologickým změnám. Potíž totiž u tohoto onemocnění nenastává pouze s astrocyty, ale také s tzv. prořezáváním synapsí.

5. Jaký je odborný termín pro prořezávání synapsí? Kdy v průběhu fyziologického vývoje každého z nás k prořezávání synapsí dochází? S jakým dalším onemocněním z klastru psychiatrických diagnóz je narušení procesu prořezávání synapsí spojeno? [1,5 b]

U schizofrenie se vedle negativních příznaků, kterým jsme se v předchozí otázce věnovali, často můžeme setkat také s poruchami myšlení. V důsledku narušení dopaminergní transmise dochází k bludům. Základní rozdělení bludů jsou bludy megalomanické, mikromanické a paranoidní.

6. V následující tabulce najdeš přehled některých typů bludného myšlení. Tvým úkolem je tabulku doplnit, a tedy určit, zdali je blud megalomanický, mikromanický, nebo paranoidní (klasifikace bludu) a napsat, v čem ten který blud spočívá (definice bludu). [3 b]

typ bludu	**klasifikace bludu**	**definice bludu**
originární		
emulační		
		přesvědčení o vynalezení nějaké převratné věci
		přesvědčení o totálním úpadku
		přesvědčení o vlastní špatnosti s popíráním vlastní existence
erotomanický		

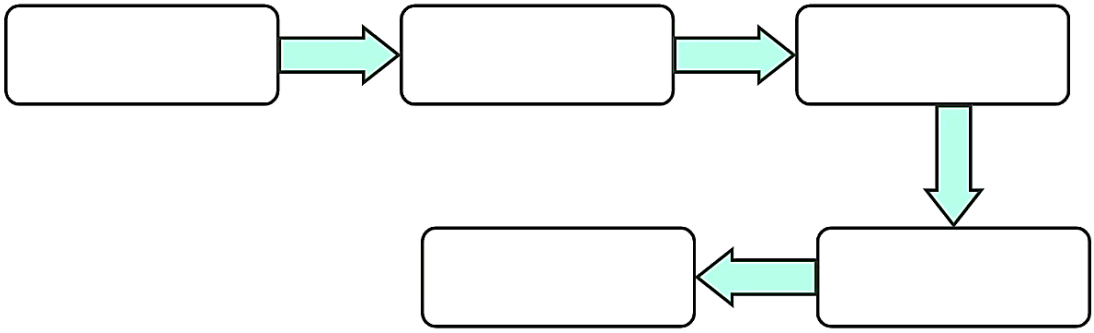
U mnoha neuropsychiatrických poruch hrají zásadní roli bazální ganglia. Mají na starost zejména ovlivnění motorické aktivity. To se děje zejména díky spolupráci s thalamem, který do mozkové kůry, kortexu, neustále vysílá nějaké vzruchy. Dochází tak k modulaci thalamo–kortikální aktivity.

7. Jakými jádry jsou bazální ganglia tvořena? [1,5 b]

Propojení thalamu s mozkovou kůrou je zajištěno pomocí dvou základních drah. Jedná se o dráhy přímou a nepřímou.

8. Nejprve se podíváme na přímou dráhu. Tvým úkolem je doplnit následující schéma. Z výčtu pojmů vyber sled kroků ve správném pořadí. [2,5 b]

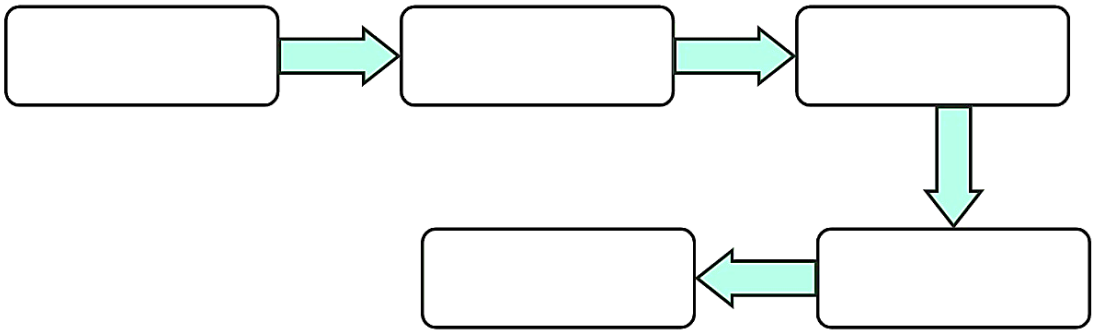
Pojmy na výběr: *primární motorická kůra, thalamus, pallidum, spuštění pohybu, striatum*



9. V případě některých dysfunkcí bazálních ganglií může dojít k narušení přímé dráhy, což má za následek narušení iniciace volního pohybu. K jakému onemocnění v případě narušení iniciace volního pohybu dochází? Jaký neurotransmiter zde hraje důležitou roli? Dochází k jeho excitaci, nebo inhibici? [1,5 b]

10. Nyní více prozkoumáme dráhu nepřímou. Její úkol je poněkud jiný, než je tomu u dráhy přímé, stejně tak se liší i sled jednotlivých kroků. Tvým úkolem je stejně tak jako v předchozí otázce doplnit následující schéma. [1,5 b]

Pojmy na výběr: *subthalamické jádro, striatum, thalamus, inhibice pohybu, globus pallidus externus*

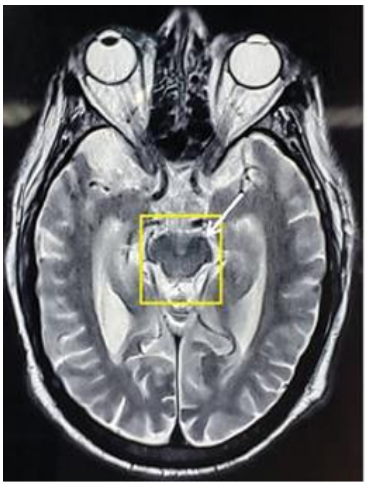


11. Stejně tak jako může dojít k patologickému narušení přímé dráhy, narušena může být i dráha nepřímá, což vede k narušení inhibice pohybu. K jakému onemocnění v takovém případě dochází? S narušením rovnováhy jakých neurotransmiterů je tato choroba spojena? Mají tyto neurotransmitery excitační, nebo inhibiční efekt? [1,5 b]

12. Znalost anatomie a fyziologie našeho mozku může být nejen zajímavá, ale také užitečná. Důležitou roli hraje například při diferenciální diagnostice. Tvým úkolem je na základě informací z kazuistiky pacientky určit, o jaké onemocnění se jedná. [1 b]

Pacientka přichází v doprovodu své dcery. Subjektivně se pacientka cítí dobře, odpovědi na otázky jsou nepřiléhavé. Pacientka má potíže s udržením očního kontaktu, patrné jsou vertikální pohyby zornic. Dcera pacientky reflektuje, že její maminka často ztrácí orientaci v dobře známých místech, projevuje nestabilitu doprovázenou pády. U pacientky je přítomna chůze o široké báze, často se přidržuje nábytku. Dlouhodobé ambulantní sledování pacientky ukazuje postupující kognitivní deficit...

Transversální řez středního mozku ukazuje průřez podobný hlavě Mickey Mouse.



13. Na závěr ještě důležitá vsuvka z oblasti prevence: Co se ukazuje jako nejdůležitější protektivní faktor vzniku psychiatrických onemocnění? Nápovědou ti mohou být studie amerického psychiatra G. Vaillanta. [0,5 b]

Peter Deván (e-mail: petodevan27@gmail.com)

6. Rabbit Island

20 points

A friendly reminder:
Your solution of this task is expected to be written in English.

Once upon a time, there was an island where rabbits lived. They arrived there on a sailboat, from which they jumped off when it landed to avoid being cooked. They didn't fare too badly there, as they had no natural predators on the small island, but every few months there was a famine and many of them did not survive. One day, they decided they wanted to know why this was happening and what could be done about it, so they asked you to investigate for them.

Since raising rabbits on the island would be too difficult, we have created a (slightly simplified) "game" for you that should model how they live there. Here are the rules:

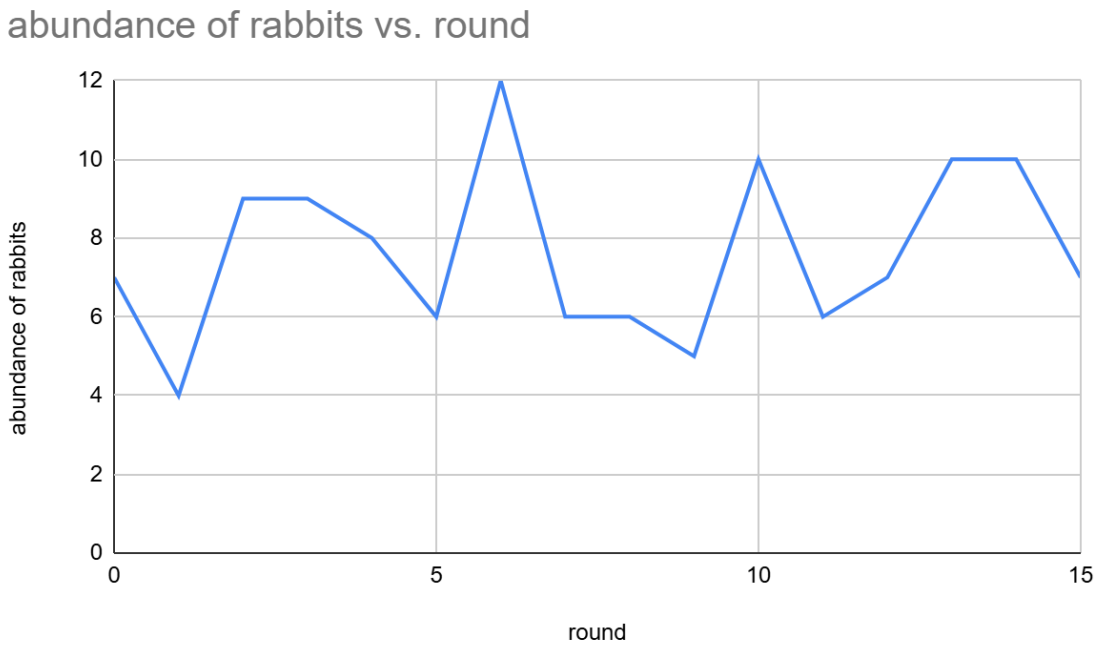
The state of the island at the beginning is represented by 15 paper squares mixed in a cup or in a hat if you want to feel like a magician (note: we recommend using stiff paper (cardboard or drawing paper) and making more squares (at least 30), as you will probably need them in later rounds).

- 8 of them represent the island's environment, i.e., the plants that the rabbits feed on.
- 7 of them represent hungry rabbits that have just disembarked from the ship and are looking for refuge on the island.

You can use square paper, for example, to keep track of what is happening. The rows representing the rabbits and the columns representing the individual rounds. You can then write down and cross out the amount of food that each rabbit has in its reserves in the squares. If a rabbit dies based on this table, just remove one "rabbit" paper from the cup. It does not matter which rabbit in the table is represented by which paper square, just that there are equal amounts of them.

Course of the round:
In the first round the rabbits start with no food in their reserves

- For each rabbit, draw one random piece of paper each round – this represents what they encountered in that round
- If they encounter a plant, they eat it – add 2 food items to their total (do not remove the plant piece, it will grow back until the next round)
- If they encounter another rabbit, they are out of luck and go hungry
- Running around the island tires them out each round, so at this stage they all lose one food item
- If they have 0 (or less) meals, they starve to death – remove their paper from the simulation
- If they have at least 2 meals at the end of the round, they go find a partner and reproduce (they lose another meal and 2 rabbits without food reserves are added to the next round)
- At the end of each round, write down how many rabbits are alive on the island.



1. See how the rabbits fare in your case. Play at least 15 rounds of this simulation according to the rules above and create a graph like the one in the picture based on the number of rabbits in each round. [5 pt]

   If you know how to, you can create a computer program to do the simulations for you.

2. Based on this, you should be able to answer the rabbits' question. Why does famine occur every few rounds, and around what value does the number of rabbits fluctuate? [1 pt]

   This value is called the carrying capacity of the environment – that is, the maximum number of rabbits that can live stably in a given environment without their numbers fluctuating significantly. In other words, the number of rabbits born would be balanced with those that starve and die, and at the same time be greater than 0.

3. In ecology, organisms are often divided into r- and K-selected species. Describe what the categories mean and into which one do the rabbits from this simulation fall based on your results. Pinpoint the features of the graph that helped you decide. [1 pt]

The rabbits liked your results and want you to make an even more accurate simulation for them. After all, this one is too simple; it does not take into account that some rabbits die naturally or that they also have to find the right partner to reproduce. And what would happen if a predator appeared on the island?

Choose at least two of the following modifications and come up with rules for them.

4. Describe the rules in detail so that anyone could replicate your simulation based on them. [4 pt]

5. Test your "game"(note: determine the number of rounds as needed so that it is clear what is happening) and create the same graph as in the previous case from the results. [6 pt]

Modifications:

- Adding predators as another group of eating and reproducing organisms (Why don't predators eat all their prey in nature?)
- Different numbers of offspring (How does the number of offspring affect the value around which the number of rabbits fluctuates? And how does it affect the fluctuation in the number of individuals?)
- Aging (How does aging affect the number of individuals capable of reproduction? Does it increase the chances of survival for young rabbits?)
- Add gender and a mechanism for how rabbits find mates on the island. (Why do organisms reproduce sexually when cloning is obviously more efficient?)

6. Finally, briefly answer the question about the modifications you have chosen. [3 pt]

Please attach a few photos of your notes and papers to your solution.