

Tematický celek „Tkáně“ v gymnaziální biologii

Thematic unit “Tissues” in grammar school biology

Veronika Bystrá¹, Adéla Čechmanová¹, Radka Marta Dvořáková¹, Barbora Váňová¹, Petr Novotný^{1,*}

¹ Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 00 Praha 2; novotp@natur.cuni.cz

Pro zvolený tematický celek gymnaziální biologie „Tkáně“ jsme navrhli konceptuální rámec, identifikovali učivo užívané v učebnicích a navrhli testové položky ověřující porozumění definovaným konceptům.

Konceptuální rámec byl navržen na základě českých gymnaziálních učebnic biologie a doplňkových materiálů. Obsahuje deset základních konceptů, jejichž porozumění považujeme za cíl a důvod výuky daného tematického celku. Z učebnic jsme excerpovali učivo, které je použito pro budování porozumění těmto konceptům. Díky získanému vhledu jsme byli schopni popsat didakticky zajímavé aspekty tohoto tématu v českých učebnicích. Ve většině z nich tvoří úvodní bránu k organologii lidského těla. Na základě konceptuálního rámce a zamýšleného učiva jsme navrhli uzavřené testové položky s jednou správnou odpovědí. Položky byly validovány na třech gymnáziích, jejich analýza vycházela z klasické teorie testů a teorie odpovědi na položku. Výsledný set obsahuje 33 psychometricky validovaných testových položek zveřejněných pod licencí CC BY-SA 3.0, které jsou uvedeny jako příloha tohoto článku.

Klíčová slova:
tkáně, test, konceptuální rámec, učivo, gymnázium.

Zasláno 6/2022
Revidováno 11/2022
Přijato 11/2022

For the chosen thematic unit of grammar school biology “Tissues” we designed a conceptual framework, identified the core curriculum used in textbooks, and designed test items to verify the understanding of the defined concepts.

The conceptual framework was designed based on the of Czech grammar school biology textbooks and supplementary materials. It contains ten core concepts, the understanding of which is considered to be the aim and reason for teaching a given thematic unit. From the textbooks, we have excerpted the content used to build an understanding of these concepts. Thanks to the insight gained, we were able to describe didactically interesting aspects of this topic in Czech textbooks. In most of them, the unit “Tissues” form the gateway to the organology of the human body. Based on the conceptual framework and the intended curriculum, we designed test items. The items were validated in three grammar schools, and their analysis was based on Classical Test Theory and Item Response Theory. The resulting set contains 33 psychometrically validated test items published under a CC BY-SA 3.0 license, which are included as an appendix to this article.

Key words:
tissues, test, conceptual framework, subject matter, grammar school.

Received 6/2022
Revised 11/2022
Accepted 11/2022

1 Úvod

Na nejobecnější rovině vymezují učitelé soubor znalostí pro určitý typ a stupeň školy státní kurikulární dokumenty (RVP). Určitým vodítkem mohou být učitelé i učebnice, které ovšem mají doporučující, nikoli závazný charakter. Učebnice jsou ovšem primárně orientovány na perspektivu z pozice žáka. Kurikulárním dokumentem, zohledňujícím perspektivu učitele, jsou metodické příručky k učebnicím. Ty ale v případě českých středoškolských učebnic chybí, což vytváří určité slepé místo v rámci ontodidaktické transformace učiva – zamýšlení učitele co a proč učit na gymnáziu ve vztahu ke konkrétnímu obsahu. Domníváme se, že české prostředí postrádá pro stupeň vyššího gymnázia takové práce, které vedou k vymezení klíčových konceptů definovaného bloku lidského vědění, načrtnutí vztahů mezi nimi a diskusi o jejich významu ve vzdělávání.

S našimi studenty učitelství jsme si na nahodile zvoleném tématu „Tkáně“ určili tyto cíle:

1. **definovat konceptuální rámec** tematického celku „Tkáně“;
2. pro tento rámec **navrhnout testové položky**, ověřující znalostní bázi nezbytnou pro porozumění jednotlivým konceptům, a **vytvořené testové položky validovat**.

Domníváme se, že výsledek naší práce může přispět k didaktickému ukotvení daného výukového celku, tedy k zodpovězení otázky „co je smyslem výuky“ na straně jedné a souběžně poskytnout cestu ke zjišťování „co si z výuky odnášejí žáci“ na straně druhé.

2 Teoretický rámec

2.1 „Tkáně“

Studiem tkání se zabývá histologie nazývaná někdy také mikroskopická anatomie. Histologie ovšem není pouhou popisnou anatomii buněčného mikrosvěta. Je to věda studující strukturu živočišných tkání v přímém vztahu k jejich funkci. Rozkračuje se tak logicky mezi anatomii a fyziologií. V tomto smyslu je histologie chápána jako integrující nauka, která jasně propojuje strukturu a funkci (Chapman et al., 2006).

V českých národních kurikulárních dokumentech je tematický celek „Tkáně“ ukotven v rámci „obecné biologie“; tkání se týká očekávaný výstup „Vysvětlí význam diferenciaci a specializaci buněk pro mnohobuněčné organismy“ (*Rámcový vzdělávací program pro gymnázia – RVP G*, 2007, s. 31). Tento výstup v sobě ale zahrnuje i rostlinná pletiva, která jsme nezpracovávali. V kontextu naší práce zdůrazňujeme, že se nejedná o celou humánní histologii, ale pouze o tematický celek „Tkáně“, který představuje povšechný úvod zařazený před průchod stavbou lidského těla.

Ve všech zahrnutých českých středoškolských učebnicích jsou ve shodě s výše uvedeným „Tkáně“ pojaty jako samostatný celek předcházející systematickému výkladu orgánových soustav člověka. Výběr tkání a jejich klasifikace je ve studovaných pramenech poměrně konzistentní. Autoři zpravidla vymezují čtyři skupiny – epitel, tkáně svalové, pojivové a nervové. Variabilní je zařazení krve – většina zdrojů ji chápe jako specifický případ pojivové tkáně s kapalnou extracelulární matrix. Tento přístup následujeme i my. Některé domácí práce (Elišková & Naňka, 2006) ji ovšem přidávají jako pátou, samostatnou skupinu.

Terminologie oboru je velmi široká a její porozumění je součástí výuky histologie. Ovšem i v rámci středoškolské výuky se v úvodu k tématu „Tkáně“ objevuje několik odborných pojmů, které nejsou užívány konzistentně, jejich věcnou definici zde proto uvádíme:

Neurit představuje v anglické literatuře obecně *neuronový výběžek*, tedy jakoukoliv projekci z buněčného těla neuronu. Preferujeme nepoužívat ho jako zastřešující pro oba typy neuronových výběžků (axony a dendrity), neboť označení neurit se obecně používá pro neuronové výběžky u nezralých a vyvíjejících se neuronů, u kterých může být před dokončením diferenciaci obtížné rozlišit mezi jednotlivými typy (Flynn, 2013). U již diferencovaného neuronu používáme pojmy axon (pro informační výstup z neuronu) a dendrit (pro příjemce nervových vzruchů do neuronu).

Chondroblasty a *chondrocyty* jsou dva hlavní typy buněk v chrupavce. Chondroblasty aktivně dělí nezralé buňky, které tvoří extracelulární matrix a diferencují se v chondrocyty. Chondrocyty jsou tedy diferencované buňky, které se podílejí na difúzi živin, údržbě a opravě extracelulární matrix chrupavky. Klíčový rozdíl mezi chondrocyty a chondroblasty je ontogenetický, chondroblasty jsou nezralé buňky chrupavky, které se nacházejí v blízkosti perichondria, zatímco chondrocyty jsou buňky zralé chrupavky, které se nacházejí v extracelulární matrix (Čihák, 2001, s. 19; Dylevský et al., 2000, s. 48).

Osteoblasty a *osteocyty* jsou dva hlavní typy buněk, které najdeme v kostech. Osteoblast je kostní buňka, která se specializuje na syntézu tzv. kostní matrix. Navzdory terminologické podobě k buňkám chrupavky se chondroblasty nedělí, množení buněk zajišťují preosteoblasty. Během života se z osteoblastu stávají osteocyty. Osteocyt je základní buňkou zralé kosti. Na rozdíl od osteoblastu nevytváří mezibuněčnou hmotu kosti. Podílí se však uvolňováním vápníku z kosti na regulaci dostupnosti vápníku v těle (Čihák, 2001, s. 21; Dylevský et al., 2000, s. 51–52).

Na obdobném ontogenetickém principu je založen také vztah pojmů *fibroblasty* a *fibrocyty*, což jsou základní buňky vaziva. Rozdíl proti kostní tkáni spočívá v tom, že se fibrocyty dokáží proměnit zpět na fibroblasty (Čihák, 2001, s. 14; Dylevský et al., 2000, s. 41).

2.2 Konceptuální rámec

Otázku „Co a proč z histologie učit?“ nám pomůže zodpovědět vymezení klíčových pojmů dané vědní oblasti a vztahů mezi nimi. Klíčové pojmy představují základní stavební kameny odborného jazyka a umožňují nám, na rozdíl od jazyka obecného, dorozumět se v rámci příslušné disciplíny jednoznačně (Hills & Gibson, 1992; Tondl, 2005). Soustavu pojmů, které nám zprostředkovávají srozumitelné a dostatečně přesné vyjádření stavů nebo situací v rámci dané tematické nebo problémové oblasti, pak označujeme jako **konceptuální rámec** (dále KR). KR nám umožňují vyjádřit nejen jedinečné, ale také obecné vztahy (Ostrom, 2005; Tondl, 2005). Leshem a Trafford (2007) nebo Veselý (2011) upozorňují, že v literatuře

termín KR občas splývá s pojmy jako model nebo teorie, někteří autoři používají tyto výrazy jako synonyma. V našem textu se nicméně přidržíme hierarchického vymezení konceptuální rámec → teorie → model. KR budeme chápat jako soubor proměnných, na jehož základě mohou být různé teorie formulovány či porovnávány (srov. Ostrom, 2005, s. 27–29). Za užitečné považujeme i přirovnávání KR k mostu či spojnici mezi paradigmatem a praktickým zkoumáním problému (viz Leshem & Trafford, 2007), tedy nejobecnějšímu souhrnu základních myšlenek.

Kvalitu KR můžeme posuzovat z hlediska různých dimenzí. Mezi nejdůležitější dimenze KR patří komplexnost a úspornost. Dostatečnou komplexnost a zahrnutí všech klíčových pojmů a prvků systému vyvažuje v dobrém KR na druhé straně zase úspornost, tedy nejjednodušší možné vysvětlení. Nalézt optimální poměr mezi komplexností a úsporností nebývá vždy jednoduché. Ideální je, pokud je KR užitečný nejen pro odborníka, který ho vytváří, ale i pro laického čtenáře či posluchače. Většinou je ale třeba KR uzpůsobit jedné hlavní skupině, které je určen. Zkušenosti ukazují, že na začátku je lepší dát přednost jednodušším KR a ty pak podle potřeby doplňovat (Veselý, 2011). Další důležitou dimenzí KR je relevance a užitečnost. KR mohou sloužit k výzkumným i pedagogickým účelům. Jejich klíčovou charakteristikou je vždy, bez ohledu na jejich účel, analytický charakter (Tondl, 2005). Pokud jsou KR přiměřeně přehledné a srozumitelné, umožňují rychlé sdílení poznatků a orientaci v dané problematice. KR také někdy umožňují zachytit vývoj sledované problematiky v čase. Tato vlastnost koresponduje s poslední důležitou dimenzí KR – dynamičností. Kvalitní KR by měl být schopen podněcovat uvažování o procesech, které v systému probíhají (Veselý, 2011).

V oblasti pedagogiky bývají KR častým východiskem pro konstrukci didaktických testů (Chvál et al., 2015). Z kurikulárních dokumentů se nejvíce blíží ŠVP, protože zahrnují nejen všeobecně akceptovaný obsah, ale i vlastní pohled tvůrce na téma, pro KR typický (Luft et al., 2022). V didaktice biologie je současný trend ve vymezení klíčových konceptů velmi aktuální – soudobá literatura pracuje s tzv. Big Ideas jako nejobecnějším KR (Harlen, 2015), oborově zaměřené rámce zpracovávají jednotlivé oblasti (např. fyziologie (Michael et al., 2009) a ústí v konkrétní tematické bloky, jakými jsou například homeostáza (Modell et al., 2015) či buněčná komunikace (Michael et al., 2017).

3 Metody

3.1 Konceptuální rámec a učivo

Při vypracování konceptuálního rámce jsme vycházeli primárně z českých středoškolských učebnic biologie (Jelínek & Zicháček, 2014; Kočárek, 2010; Novotný & Hruška, 2007), konfrontovaných s českým překladem Campbellovy Biologie (Campbell & Reece, 2006) a online materiály jako Khan Academy (Tissues, Organs, & Organ Systems (Article) | Khan Academy, b.r.).

Učivo použité v tematickém celku jsme vypsali z jednotlivých učebnic a sjednotili použitou terminologií. Vyloučili jsme obsah, který byl zahrnut pouze v jedné z použitých učebnic. Vedle gymnaziálních učebnic jsme prošli i běžně dostupné učebnice pro druhý stupeň základní školy, abychom si udělali představu o pojetí tématu a přístupu k jeho zpracování. Učivo ze základoškolských učebnic jsme ale neextrahovali. Výsledný přehled je přiložen jako příloha A.

Vstupním problémem, se kterým jsme se museli vypořádat, bylo již samotné vyčlenění vybraných tkání do vymezeného výukového celku, který shodně nalézáme jak v českém, tak anglosaském prostředí. Proč učit výběr z tkání, a to extrémně povrchně (*de facto* zmínit, že existují kosti a svaly), když dílčím tkáním je ve výuce lidského těla věnována detailní pozornost (stavba kostí, svalu ap.)?

Dále jsme si kladli otázku, zda je cílem tematického bloku „Tkáně“, jako úvodu do organologie, stanovit klasifikaci pro všechny typy tkání, zda je s touto klasifikací dále nějak pracováno, přináší hlubší porozumění problematice a má být součástí připravovaných testových položek.

Následně jsme určili klíčové koncepty, které jsou zprostředkovány učivem o tkáních, a jejich konkrétní podoba znalostí. Právě znalosti jsou v učebnicích používány jako „materiál“ umožňující koncepty formulovat, diskutovat a porozumět jim. Navržené koncepty tvoří provázaný KR, který je hlavním výsledkem naší práce.

3.2 Tvorba a validace testových položek

Na základě definovaného konceptuálního rámce a učiva užívaného pro jeho dosažení jsme navrhli položky didaktického testu. Každý spoluautor poskytl zhruba deset položek. Provedli jsme jejich křížovou recenzi a dospěli ke shodě na celkem 41 položkách. Naprostá většina otázek byla multiple-choice s jednou správnou odpovědí a třemi distraktory, pouze 3 úlohy byly jiného typu (otevřená s krátkou odpovědí, otevřená s dlouhou odpovědí, binární). Každá položka byla doplněna o možnost „nevím“, abychom omezili tipování

žáků. Položky jsme tvořili se zřetelem na definovaný konceptuální rámec. Naší snahou bylo testovat porozumění konceptuálnímu rámci za využití identifikovaného učiva.

Výsledný set otázek jsme doplnili otázkou na ročník a pohlaví, protože nás mj. zajímal jejich vliv na výsledky testu. Test jsme pak v papírové podobě distribuovali v rámci studentských praxí na třech českých gymnáziích, na nichž studenti realizovali své pedagogické praxe. Test byl realizován ve třídách, které měly daný blok nejvýše před dvěma měsíci probraný (určeno na základě doporučení spolupracujících vyučujících). Sběr byl anonymní, bez vlivu na klasifikaci žáka. Vyučující obdrželi po zpracování výsledků pouze znění finálních otázek a jejich zjištěnou náročnost. Získali jsme 202 validně vyplněných testů (109 mužů a 93 žen). Většina respondentů byla v septimě (118), menší část navštěvovala kvintu (33) nebo oktávu (51). Průměrný počet nezodpovězených položek byl 2,4 položky na respondenta.

Data jsme přepsali z papírových testů do tabulkového procesoru, binarizovali otevřené otázky a provedli položkovou analýzu. Pro výpočet skóre jsme pracovali s binarizovanými odpověďmi a shodnou bodovou vahou všech položek.

Analýzu jsme prováděli v jazyku R (R Core Team, 2021) za využití balíčku *ShinyItemAnalysis* (Martinková & Drabinová, 2018). Pro ověření validity a náročnosti testových položek jsme využili metody klasické testové teorie (CTT) vycházející z práce (Lord & Novick, 2008), která položku hodnotí z pohledu obtížnosti (podíl respondentů se správnou odpovědí) a různými koeficienty citlivosti (nakolik otázka rozlišuje mezi respondenty odlišné úrovně znalostí). Příkladem koeficientu citlivosti je ULI (*upper-lower index*) (Charvát et al., 2014), založený na rozdílu úspěšnosti respondentů v dané položce při porovnání žáků nejlepších a nejhorších (rozdělení do skupin dle celkového skóre je volitelné, například rozdělení respondentů do třetin).

U každé položky jsme sledovali její obtížnost, koeficient ULI a empirické křivky procenta volby jednotlivých odpovědí dle úrovně celkového skóre respondentů. Vyřadili jsme nejhorší otázky dle funkčnosti distraktorů (Metsämuuronen, 2022), jako je stav negativní diskriminace či zcela nefunkční distraktory, ovšem pouze v takovém případě, kdy jsme nebyli schopni navrhnout modifikaci položky tak, abychom mohli předpokládat její zlepšení. Takto jsme vyřadili 8 otázek. Výslednou reliabilitu setu položek jsme určili pomocí Cronbachova alfa.

U zúženého výběru položek jsme poté přešli k nástrojům teorie odpovědi na položku (IRT), které odhadují měřenou znalost přesněji než empirické křivky či regresní modely (Martinková et al., 2017). Bockův nominální model (Bock, 1972) jsme využili pro detailní analýzu distraktorů a navrhli jsme úpravy, nejčastěji vhodnější distraktor.

Pro celkový pohled na položky jsme na základě Bayesova informačního kritéria BIC (Schwarz, 1978) zvolili jednoparametrický (1PL) IRT model.

Celkem jsme po validaci modifikovali distraktory či stylistickou stavbu kmenu devíti položek (č. 1, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13 a 29). Upravená podoba položek již nebyla znovu validována.

3.3 Analýza respondentů

Výsledný datový vzorek byl vyhovující pro validaci položek, ale pro analýzu případných prediktorů skóre byl malý a nehomogenní. Na škole C byla jako jediná testována kvinta, což znemožnilo odlišit vliv školy a ročníku při analýze celého vzorku. Orientační zjištění závislosti výsledků v testu na pohlaví, ročníku a škole jsme tedy provedli pouze na vzorku ze školy A a B. Pro výpočet celkového skóre jsme použili pouze položky, které jsme v rámci validace nevyloučili.

Závislost skóre na pohlaví jsme testovali jednoduchou lineární regresí. Kombinovaný vliv prediktorů byl posuzován vícenásobnou lineární regresí se zpětným výběrem. Statistické testy byly považovány za statisticky významné na zvolené hladině významnosti 5 %.

4 Výsledky

4.1 Konceptuální rámec tematického celku „Tkáně“

Prvním výsledkem naší práce bylo definování konceptuálního rámce, k jehož porozumění by měla výuka směřovat. Celkem deset vymezených klíčových konceptů jsme rozdělili do tří skupin:

A) Jednota mnohobuněčnosti a specializace

1. buňky jsou u pokročilých mnohobuněčných organismů organizovány do tkání, skupin podobných buněk, které společně zajišťují specifickou funkci;
2. tělo je organizováno do různých úrovní komplexity organel–buňka–tkáň–orgán–orgánová soustava, každá úroveň se vyznačuje přítomností (objevením se) charakteristického znaku;

3. orgány jsou tvořeny z více typů spolupracujících tkání;
4. různé části těla jsou specializovány na odlišné funkce;
5. z důvodu specializace jsou jednotlivé části těla na sobě závislé.

B) Jednota struktury a funkce

1. na každé úrovni organizace je struktura úzce spojena s funkcí;
2. struktura určuje funkci, funkce určuje strukturu, proto se jednotlivé tkáně mezi sebou liší;
3. některé tkáně jsou orgánově nespecifické, vyskytují se v různých orgánech těla.

C) Stavba tkání

1. tkáně jsou tvořeny buňkami obklopenými extracelulární matrix;
2. míra prokrvení tkáně ovlivňuje její regenerační schopnosti.

4.2 „Tkáně“ v českých učebnicích

Dalším dosaženým výsledkem naší práce, který přímo souvisí s tvorbou KR, bylo porozumění, že existuje určitá, praxí učebních textů doložená didaktická potřeba představit tkáně jako hierarchický stupeň ve stavbě těla mnohobuněčných organismů, a to v samostatném bloku před detailní organologií/histologií. Takovýto blok učí koncepty hierarchičnosti za využití učiva orgánově nespecifických tkání, které jsou později probírány mnohem podrobněji. Použité konkretizace na příkladech orgánových soustav tak jsou příslovečnou Cimrmanovou *zapomněnkou*. Jsou určené pro okamžitou demonstraci příkladů širšího konceptu, aniž by jejich dílčí znalost byla v dané fázi vzdělávání zásadní.

4.2.1 Klasifikace tkání není cílem celku „Tkáně“

Významnou část všech učebnic tvořila klasifikace tkání. Byla vizuálně zdůrazněna, víceméně představovala osu výkladu a ostatní učivo bylo zpravidla uváděno jako ilustrace a příklady dané klasifikace. Na otázky, zda je cílem tematického bloku „Tkáně“ stanovit klasifikaci pro všechny typy tkání, zda je s touto klasifikací dále nějak pracováno, zda přináší hlubší porozumění problematice a zda má být součástí připravovaných testových položek, je naší odpovědí jasně NE. Dle našeho pohledu vnímáme pozici klasifikace tkání ve výuce jako pedagogicky účelovou, zavedenou pro přehlednost tématu, tvořící osnovu a rámec sdělení, nikoli jádro obsahu. Proto představujeme názor, že není důvod, aby tato klasifikace byla sama o sobě předmětem výuky a ověřování jejich výsledků; její role spočívá ve shrnutí typů tkání, které se vyskytují napříč orgánovými soustavami, které jsou svým způsobem obecné pro stavbu těla živočichů, orgánově nespecifické.

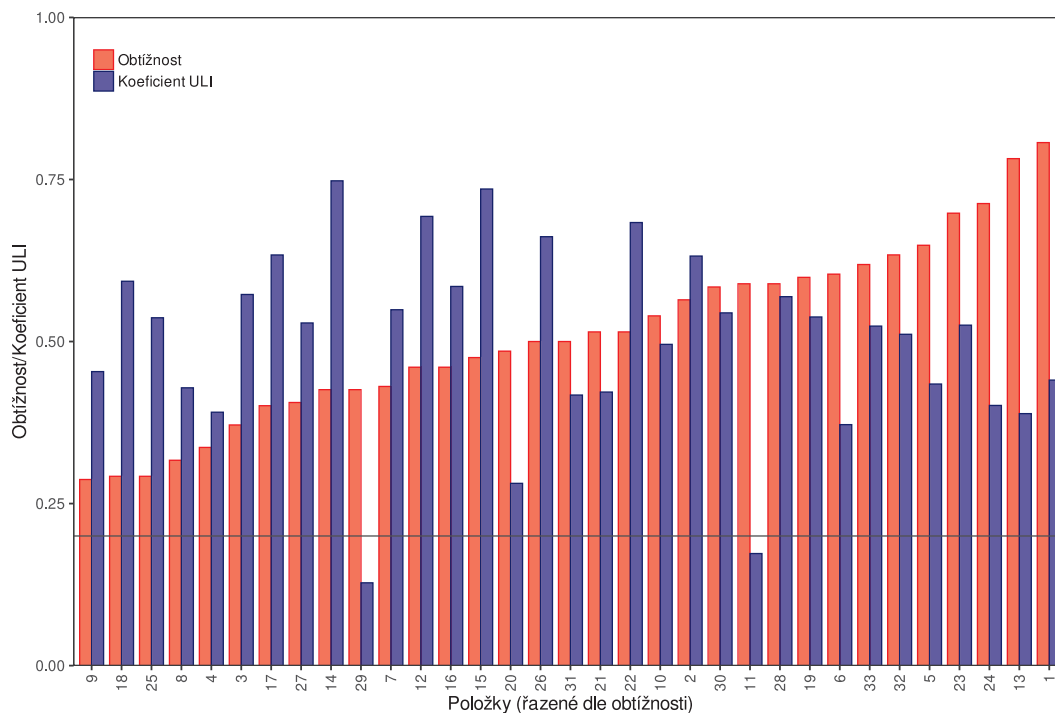
4.2.2 Terminologické bohatství a nekonzistence

Výsledkem naší práce je také upozornění, že **množství odborných pojmů**, použitých pro celek „Tkáně“, se mezi jednotlivými učebnicemi značně liší. Setkali jsme se s dvěma nedostatky:

- a) pojmy jsou leckdy uváděny bez vysvětlení jejich obsahu či bez informační hodnoty, která by vynuocovala, či alespoň opravňovala jejich uvedení. Prostě jsou jen zmíněny jako odborné synonymum k českému pojmu, aniž by byly dále v textu použity. Učební texty jakoby měly potřebu zavádět pojmy „dostatečně včas“; například pro vymezení svalových tkání a jejich obecné role v organismu není nutné poskytovat odborný ekvivalent svalové buňky *myocyt*. Jeho zavedení je dostatečné u tématu svalové soustavy (v kontextu *myo*-cyt -globin, -patie, -kard). U gymnaziálních učebnic lze snad časné uvádění odborných synonym vnímat jako systematickosti či důslednosti, ale u základních škol je vysloveně nepřiměřené – příkladem poslouží učebnice pro 8. třídu základní školy vydavatelství Taktik (Žídková & Knúrová, 2018), která kritizovaným způsobem (a v tématu „Tkáně“) zavádí dokonce pojem *lipocyt*.
- b) napříč učebnicemi byl problematický pojem *neurit*, který je užíván obdobně neuměřeně (nervový výběžek/výběžek nervové buňky je plnohodnotnou a dostatečnou terminologií pro několikařádkový popis nervové tkáně). V řadě učebnic dokonce odborně chybně, např. jako synonymum pro axon (viz třeba Jelínek & Zicháček, 2014, s. 277; Kočárek, 2010, s. 195).

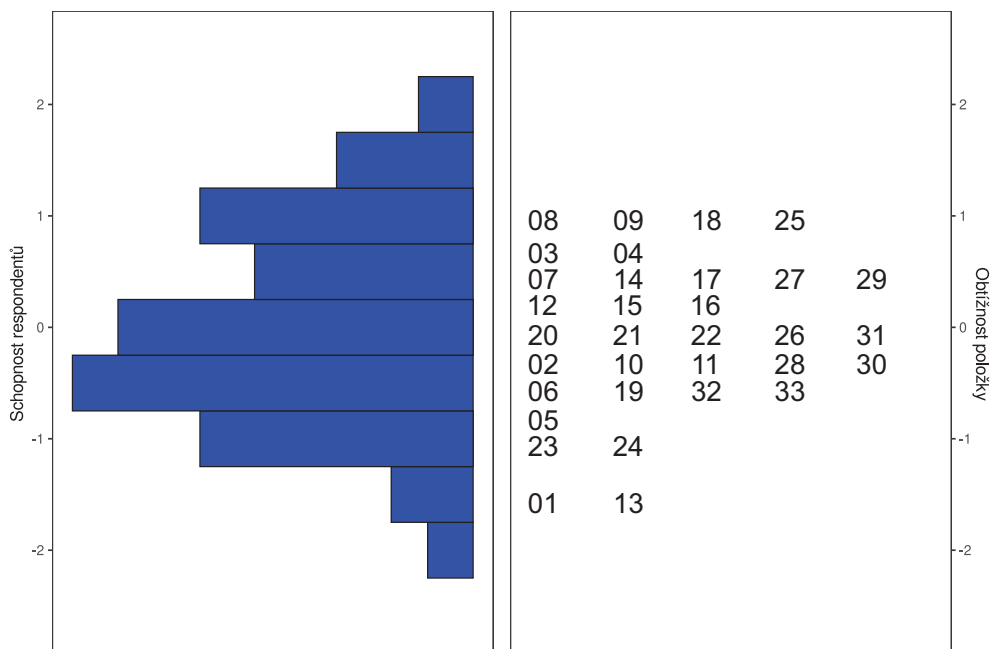
4.3 Testové položky a jejich validace

Testové položky vytvořené v rámci naší práce vedly k vytvoření 33 validovaných položek. Položky jsou uvolněné pod licencí CC BY-SA 3.0 a uvedeny jako příloha B a C tohoto článku, jejich obtížnost shrnuje obr. 1.



Obr. 1: Obtížnost (proporce správných odpovědí) je zobrazena červenými sloupci. Koeficient diskriminace ULI počítaný na třetinách dle celkového skóre je zobrazen modrými sloupci; černá linka představuje obvyklý práh 0,2 pro konvenčně očekávanou minimální diskriminaci ULI

Reliabilita setu je velmi dobrá, Cronbachovo $\alpha = 0,88$, CI (0,85–0,9), rozložení obtížnosti položek je patrné z Wright mapy na obr. 2. Mezi nejlehčí položky patří č. 1 a 13, mezi nejobtížnější č. 8, 9, 18 a 25. Binarizovaná validační data uvádí příloha D, podrobné charakteristiky položek uvádí příloha E.

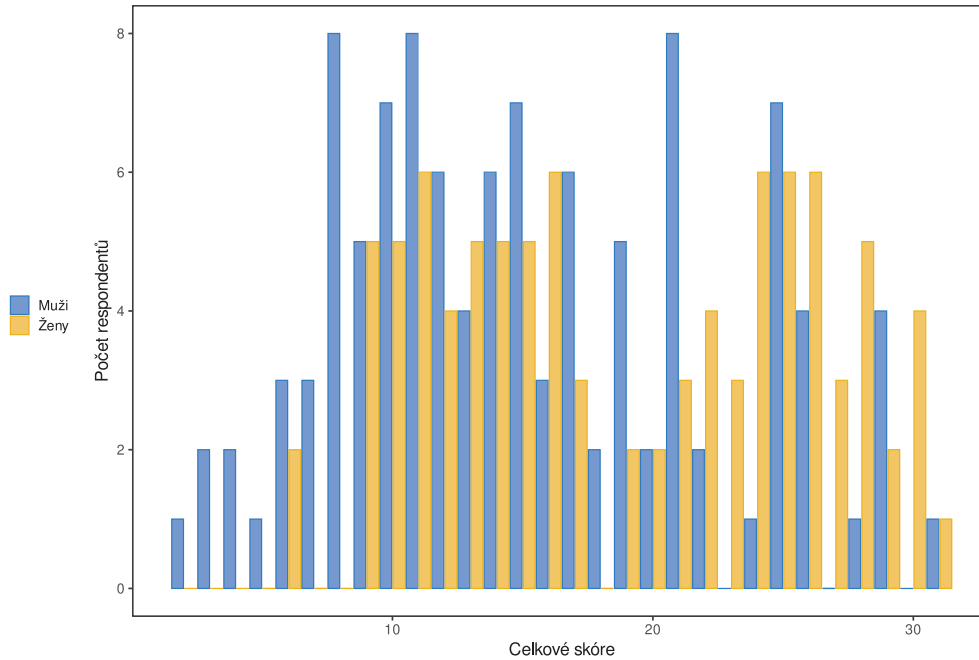


Obr. 2: Levá část zobrazuje rozložení respondentů podle odhadu jejich porozumění definovaným konceptům jednoparametrickým IRT modelem. Pravá část ukazuje rozložení testových položek dle jejich náročnosti. Svislá osa odpovídá měřené míře porozumění konceptuálnímu rámci. Například hodnota 1 na svislé ose odpovídá porozumění o jednu směrodatnou odchylku lepší, než mají průměrní žáci

Muži dosáhli slabších výsledků než ženy (viz tab. 1), ale nepodařilo se nám identifikovat žádnou otázku, která by je reálně znevýhodňovala, rozložení celkových skóre obou skupin ukazuje obr. 3.

Tab. 1: Popisná statistika dosažených skóre podle pohlaví

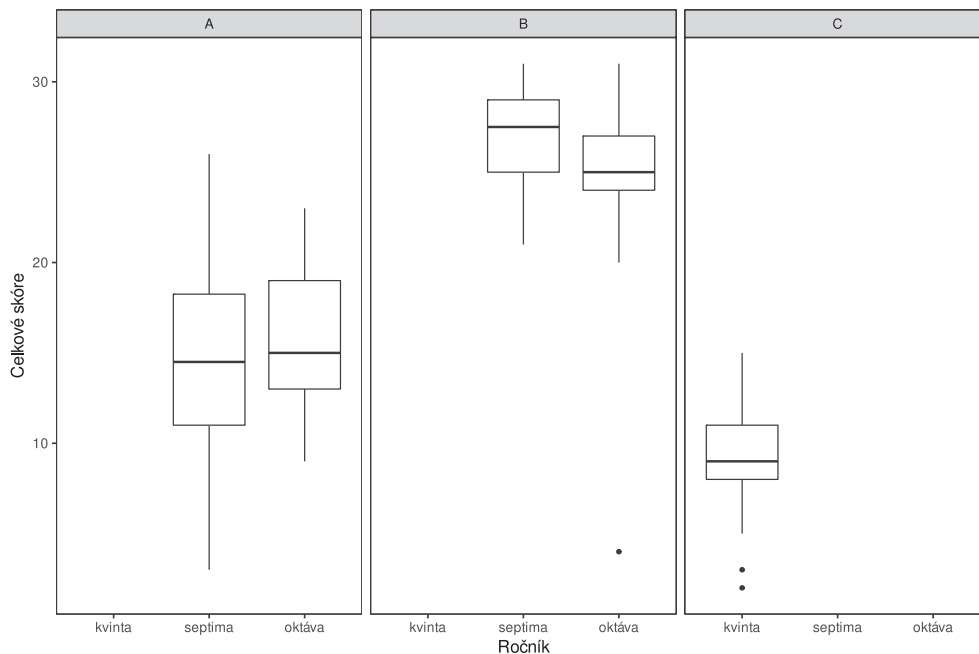
| | muži | ženy |
|-----------------|------|------|
| minimální skóre | 2 | 6 |
| maximální skóre | 31 | 31 |
| průměr | 15,2 | 18,9 |
| medián | 14 | 19 |



Obr. 3: Distribuce celkového skóre podle pohlaví. Muži jsou modrou barvou, ženy hnědou

4.4 Závislost znalostního skóre na prediktorech

Závislost znalostního skóre jsme testovali na vzorku ze škol A a B (srovnání viz obr. 4). Vliv pohlaví jsme testovali jako samostatnou závislost, a potvrdili lepší skóre dívek ($p = 0,0002$, $R^2 = 0,06$), rozdíl činí 3,8 bodů skóre.



Obr. 4: Distribuce skóre na jednotlivých školách (A, B, C) a v jednotlivých ročnících

Při použití vícenásobné lineární regrese jsme potvrdili vliv školy ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,54$), kde škola B převyšuje školu A o zhruba jedenáct bodů skóre; pohlaví ani ročník (septima/oktáva) neměly v přijatém modelu statistickou významnost.

5 Diskuse

Tematický celek „Tkáně“ je osnován dominantně jako úvodní kapitola k organologii lidského těla, čímž získává silně antropologický kontext. Podle prostudované literatury se jedná o osvědčený přístup, který ale není nezbytně jediný, jak ukazují autoři Kočárek a Kočárek (2000). V podstatě veškeré učivo je vzápětí výrazně prohlubováno v rámci jednotlivých orgánových soustav, což je velmi charakteristický aspekt zvoleného tematického celku. Jako jeden z výsledků naší práce uvádíme porozumění významu předřazení tohoto celku – orientační představení nespecifických tkání, se kterými se žák posléze opakovaně setká v různých soustavách lidského těla, a uvedení do hierarchie organismus–orgánová soustava–orgán–tkáň–buňka. Je podstatné sdělit/připomenout žákům, že sval je složen ze svalových buněk, které konají práci při stahu, nebo že nervové buňky mají četné výběžky. Stejně tak je ale (v dané fázi výuky) nepodstatné diskutovat rozdílný tvar buněk dle typů svaloviny či terminologicky vymezovat výběžky neuronu. Takovýto informační detail nepřispívá k porozumění obecné role daného typu tkáně v lidském těle.

Ve výsledcích uvádíme, že učební texty mají častý sklon sklouzávat k akcentaci klasifikace tkání. Toto naše přesvědčení je založeno pouze na didaktickém vhledu do tématu a není podpořeno kvantitativními daty. Studované texty v nás ale tento dojem vzbuzovaly. Usuzujeme, že klasifikace tkání může být autory a následně i učitelskou obcí přeceňována, přestože na úrovni středoškolského učiva vlastně vůbec nejsou obsažena kritéria, podle nichž je vytvořena. Proto její roli na vyšším gymnáziu nevidíme v *klasifikaci*, ale jako shrnutí orgánově nespecifických typů lidských tkání – nic méně a nic více.

V českých textech naopak postrádáme zdůrazňování jednoty struktury a funkce, souvislost mezi velikostí organismu a specializací buněk, či rozdílů v ontogenetickém původu tkání – tedy dle námi definovaného KR nosný obsah. V žádné učebnici jsme nenalezli formulovanou hlavní příčinu vyčlenění obecného tématu „Tkáně“ před orgánové soustavy, tedy orientační představení tkání, se kterými se posléze žák opakovaně setká v různých soustavách.

V učebnicích dominantní vazba k výuce antropologie se projevila i v námi navrženém KR, jehož třetí skupina C představuje koncepty spjaté s živočišnými tkáněmi; KR rovněž nepostihuje provázanost na učivo o rostlinných pletivech. Tímto je navržený konceptuální rámec pevně spjat s uspořádáním učiva tradičním v našem kulturním prostoru. Jeho rozšíření o širší kontext by bylo biologicky žádoucí, upřednostnili jsme ale jeho vazbu na současnou školní praxi.

Koncepty z navrženého KR neobsahují žádné konkrétní „učivo“ (rozuměj konkrétní tkáň, kontext pro koncept atp.), rozhodně ale nezastáváme představu, že se mají učit jako samonosné konstrukty. Představují obecný rámec, který je potřebné nikoli žákům sdělit, ale vybudovat z konkrétních znalostí. Které učivo je k tomuto účelu vhodné z pohledu praxe učebních textů, nastiňuje příloha A, a zároveň náš pohled do určité míry reprezentují navržené testové položky. Při jejich vytváření jsme se snažili soustředit právě na porozumění konceptům (což u tématu, které sami označujeme jako výčtově orientované a *a priori* znalostně povrchní, nebylo snadné). Příkladem práce, která zpracovává konkrétnější oblast výuky histologie, je studie Kvello a Gericke (2021); jejím výsledkem je konceptuální rámec pro výuku nervové soustavy. Při přípravě uvedeného KR spolupracovali s experty z oboru, při srovnání našich přístupů bychom mohli považovat námi prezentovaný KR (který je založen pouze na analýze učebnic a osobních znalostí) jako výchozí bod použitelný k obdobné studii. Význam tohoto typu studií v oborových didaktikách je dle našeho názoru zatím nedoceněn. Konceptuální rámce jsou vytvářeny spíše pro témata procedurálního charakteru (evoluce: Beniermann et al. (2021) či práce s fylogenetickými stromy autorů Schramm et al. (2021)), a pro témata více deskriptivní chybí – modelově obsah výuky histologie je tak zvykový, bez mezinárodního konsensu (Martin-Piedra et al., 2022).

Vytvořené testové položky jsou – díky validaci, otevřenému licencování a vazbě na koncepty s reflektovaným učivem obecně užívaným k jejich budování – přínosem jak pro teoretický didaktický výzkum, tak pro školní praxi, srovnej např. D'Avanzo (2008). Ze zapojených škol jsme získali zpětnou vazbu o situacích, kdy vytvořené otázky podnítily zájem žáků a vedly k diskusi o biologické podstatě problému. To považujeme za velmi pozitivní – alespoň některé položky překročily faktografický rámec a vedou k zamyšlení.

Nevnímáme předložené testové položky jako specializovaný nástroj pro měření porozumění konceptuálnímu rámci; nebalancovali jsme jejich obtížnost (ve smyslu odstranění obdobně obtížných položek), ani početní vyrovnanost pro jednotlivé prvky rámce (poskytujeme všechny, které jsme nezamítli). Představujeme je jako vnitřně konzistentní set testových úloh, z nichž by bylo možné takový nástroj vytvořit. V tomto směru bude nutné zejména: i) potvrdit svázání s lidskou anatomí bez zohlednění rostlinných

pletiv, nebo zaujmout více integrující postoj (a tedy vyloučit třetí skupinu konceptů), ii) revalidovat pozměněné distraktory, a iii) ověřit psychometrické vlastnosti výsledného nástroje včetně závislosti na základních demografických proměnných.

Orientační analýza vlivu pohlaví, ročníku a školy dokazuje, že ačkoli data dobře posloužila pro validaci položek, pro validaci případného nástroje a interpretovatelnosti jeho výsledků je nezbytný další výzkum. Slabší výsledky chlapců jsou na střední škole zjišťovány opakovaně jako např. Janštová et al. (2022), ale v setu jsme neprokázali přítomnost položek, které by zvýhodňovaly dívky. Ve vztahu k navrženým položkám se tedy jedná o indiferentní zjištění.

Význam vlivu školy se jeví v našich datech jako extrémní, ale nebylo by oprávněné ze vzorku v podstatě pouze dvou porovnatelných škol vyvozovat jiné závěry, než že tvorba a validace úžeji zaměřených didaktických testů je velmi důležitá pro školní praxi i výzkum, neboť umožňuje sledovat konkrétní tematický celek a právě touto konkrétností umožňuje s výsledky reálně pracovat ve smyslu průběžného monitoringu (Mazur, 1992). Snad i proto, že v dnešní době dominují didaktickému diskursu holistická pojetí, jako jsou „gramotnosti“ – přírodovědnou shrnula Janoušková et al. (2019), považujeme za nezbytné připomenout, že tyto celostní výsledky jsou založeny na jednotlivých (např. biologických) oborech, tematických celcích, konceptech a učivu, jež je užito pro jejich budování. Proto vnímáme jako nezbytné validně sledovat i právě tyto základní stavební prvky výuky středoškolské biologie.

V České republice máme potenciál (kladný i záporný) k rozrůznění přístupů ve výuce biologie, otevřený individuální školní realizací více než obecného rámce RVP. Bylo by nanejvýše užitečné, kdybychom vedle celostních srovnání dílčích přístupů byli schopni studovat tuto různorodost také na detailním výukovém rámci, k čemuž bychom rádi touto prací přispěli.

Pro další studie se nabízí sledovat provázanost učiva o rostlinných pletivech, vzniku mnohobuněčnosti a celku „Tkáně“ v učebnicích (tedy budování celého výstupu „Vysvětlí význam diferenciacce a specializace buněk pro mnohobuněčné organismy“ (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia – RVP G, 2007, s. 31). Jedná se totiž o základní obecně-biologické koncepty, které by mohla těsná vazba k učivu antropologie v hlavách žáků stigmatizovat jako specifické pro člověka. Obdobně zajímavá se nám jeví i navazující tvorba konceptuálních rámců pro konkrétní tkáně respektive celé orgánové soustavy.

Poděkování

Děkujeme zapojeným školám, že nám umožnily sebrat data pro validaci testových položek. Pro navazující práci na „Tkáních“ i zpracování dalších biologických témat uvítáme zájemce o spolupráci z řad středoškolských vyučujících.

Děkujeme také dvěma anonymním recenzentům za připomínky, které významně přispěly ke konzistenci textu.

Výzkum byl finančně podpořen projektem Univerzity Karlovy UNCE/HUM/024 „Centrum didaktického výzkumu v přírodních vědách, matematice a jejich mezioborových souvislostech“.

Literatura

- Beniermann, A., Kuszmierz, P., Pinxten, R., Aivelo, T., Bohlin, G., Brennecke, J. S., Cebesoy, U. B., Cvetković, D., Dordević, M., Dvořáková, R. M., Futo, M., Geamana Nicoleta, Korfiatis, K., Lendvai, A., Mogias, A., Paolucci, S., Petersson, M., Pietrzak, B., Porozovs, J., ... & Graf, D. (2021). *Evolution education questionnaire on acceptance and knowledge (EEQ) – Standardised and ready-to-use protocols to measure acceptance of evolution and knowledge about evolution in an international context*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4554742>
- Bock, D. (1972). Estimating item parameters and latent ability when responses are scored in two or more nominal categories. *Psychometrika*, 37(1), 29–51. <https://doi.org/10.1007/BF02291411>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2006). *Biologie*. 1. vyd. Computer Press.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie 1*. Grada.
- D'Avanzo, C. (2008). Biology concept inventories: Overview, status, and next steps. *BioScience*, 58(11), 1079–1085. <https://doi.org/10.1641/B581111>
- Dylevský, I., Druga, R., & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka*. 1. vyd. Grada.
- Elišková, M., & Naňka, O. (2006). *Přehled anatomie*. 1. vyd. Karolinum.
- Flynn, K. C. (2013). The cytoskeleton and neurite initiation. *BioArchitecture*, 3(4), 86–109. <https://doi.org/10.4161/bioa.26259>
- Harlen, W. (Ed.) (2015). *Working with big ideas of science education*. The Science Education Programme (SEP) of IAP.

- Hills, J., & Gibson, C. (1992). A conceptual framework for thinking about conceptual frameworks: Bridging the theory – practice gap. *Journal of Educational Administration*, 30(4). <https://doi.org/10.1108/09578239210020453>
- Chapman, J. A., Lee, L. M. J., & Swailes, N. T. (2020). From scope to screen: The evolution of histology education. In P. M. Rea (Ed.), *Biomedical visualisation: Volume 8* (pp. 75–107). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6_5
- Charvát, M., Viktorová, L., Vobořil, L., Tošenovská, M., & Opletalová, V. (2014). *Tvorba, administrace a analýza testů studijních předpokladů*. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Chvál, M., Procházková, I., & Straková, J. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy*. Česká školní inspekce.
- Janoušková, S., Žák, V., & Rusek, M. (2019). Koncept přírodovědné gramotnosti v České republice: Analýza a porovnání. *Studia paedagogica*, 24(3), Art. 3. <https://doi.org/10.5817/SP2019-3-4>
- Janštová, V., Tichá, N., & Novotný, P. (2022). Perception of biological disciplines by upper secondary school students. In K. Korfiatis, & M. Grace (Ed.), *Current research in biology education: Selected papers from the ERIDOB community* (s. 219–230). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_17
- Jelínek, J., & Zicháček, V. (2014). *Biologie pro gymnázia: Teoretická a praktická část*. 11. vyd. Nakladatelství Olomouc.
- Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 1*. 1. vyd. Scientia.
- Kočárek, E., & Kočárek, E. (2000). *Přírodopis pro 8. ročník základní školy*. Jinan.
- Kvello, P., & Gericke, N. (2021). Identifying knowledge important to teach about the nervous system in the context of secondary biology and science education – A Delphi study. *PloS one*, 16(12), e0260752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260752>
- Leshem, S., & Trafford, V. (2007). Overlooking the conceptual framework. *Innovations in Education and Teaching International*, 44(1), 93–105. <https://doi.org/10.1080/14703290601081407>
- Lord, F. M., & Novick, M. R. (2008). *Statistical theories of mental test scores*. IAP.
- Luft, J. A., Jeong, S., Idsardi, R., & Gardner, G. (2022). Literature reviews, theoretical frameworks, and conceptual frameworks: An introduction for new Biology education researchers. *CBE – Life Sciences Education*, 21(3), rm33. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0134>
- Martinková, P., & Drabinová, A. (2018). ShinyItemAnalysis for teaching psychometrics and to enforce routine analysis of educational tests. *The R Journal*, 10(2), 503–515. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-074>
- Martinková, P., Drabinová, A., & Houdek, J. (2017). ShinyItemAnalysis: Analýza přijímacích a jiných znalostních či psychologických testů. *TESTFÓRUM*, 9, Art. 9. <https://doi.org/10.5817/TF2017-9-129>
- Martin-Piedra, M. A., Saavedra-Casado, S., Santisteban-Espejo, A., Campos, F., Chato-Astrain, J., Garcia-Garcia, O. D., Sanchez-Porras, D., Luna del Castillo, J. de D., Rodriguez, I. A., & Campos, A. (2022). Identification of histological threshold concepts in health sciences curricula: Students' perception. *Anatomical Sciences Education*. <https://doi.org/10.1002/ase.2171>
- Mazur, E. (1992). Qualitative vs. quantitative thinking: Are we teaching the right thing? *Optics & Photonics News*, 3, 38.
- Metsämuuronen, J. (2022). Essentials of visual diagnosis of test items. Logical, illogical, and anomalous patterns in tests items to be detected. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 27(1). <https://doi.org/10.7275/n0kf-ah40>
- Michael, J., Martinkova, P., McFarland, J., Wright, A., Cliff, W., Modell, H., & Wenderoth, M. P. (2017). Validating a conceptual framework for the core concept of “cell-cell communication”. *Advances in Physiology Education*, 41(2), 260–265. <https://doi.org/10.1152/advan.00100.2016>
- Michael, J., Modell, H., McFarland, J., & Cliff, W. (2009). The “core principles” of physiology: What should students understand? *Advances in Physiology Education*, 33(1), 10–16.
- Modell, H., Cliff, W., Michael, J., McFarland, J., Wenderoth, M. P., & Wright, A. (2015). A physiologist's view of homeostasis. *Advances in physiology education*, 39(4), 259–266. <https://doi.org/10.1152/advan.00107.2015>
- Novotný, I., & Hruška, M. (2007). *Biologie člověka: Pro gymnázia*. 4., rozš. a upr. vyd. Fortuna.
- Ostrom, E. (2005). Understanding the diversity of structured human interactions. In *Understanding institutional diversity* (pp. 3–31). Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt7s7wm.5>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R foundation for statistical computing. <https://www.R-project.org/>

- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia—RVP G.* (2007). MŠMT.
<https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/#1-v-sou%C4%8Dasnosti-platn%C3%A1-rvp->
- Schramm, T., Jose, A., & Schmiemann, P. (2021). Modeling and measuring tree-reading skills in undergraduate and graduate students. *CBE – Life Sciences Education*, 20(3), ar32. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-06-0131>
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461–464.
<https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>
- Tissues, organs, & organ systems (article) | Khan Academy.* (b.r.). [cit. 23. února 2022]
<https://www.khanacademy.org/science/biology/principles-of-physiology/body-structure-and-homeostasis/a/tissues-organs-organ-systems>
- Tondl, L. (2005). Sémiotické funkce konceptuálního rámce. *Organon F: Medzinárodný časopis pre analytickú filozofiu*, 12(3), 278–293.
- Veselý, A. (2011). Konceptuální rámec pro analýzu vztahu vzdělávací politiky a vzdělávacích výsledků. *Orbis scholae*, 5(1), 23–52. <https://doi.org/10.14712/23363177.2018.73>
- Žídková, H., & Knůrová, K. (2018). *Hravý přírodopis* 8. 1. vyd. Taktik International.