

SIMULACE URČENÍ KREVNÍCH SKUPIN

SIMULATION OF BLOOD GROUPS TEST

Lukáš Rokos, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta,
Katedra biologie, Lrokos@pf.jcu.cz, Jana Lišková, Základní škola Grünwaldova 13,
České Budějovice, Liskovajana@zsgrunwaldova.cz

Abstract

This inquiry task was created because of the problems that students have with understanding of the blood groups problematics, mainly the concepts of antigens and antibodies. It is not allowed to use real blood in biology lessons at elementary or secondary schools and present the principles of blood tests to students so this inquiry task enables to explain this problematics by usage of artificial substances representing blood groups and serums prepared from common substances within practical works. Students at lower- or upper-level of secondary school have possibility to understand the principle of blood test in an interesting and funny way. Moreover, they are able to acquire the knowledge about this problematics as well as new skills because they can try to perform the blood tests on their own. The task was verified with students from university, elementary school and grammar school and it was found that the majority of students was able to explain the principle of blood group testing, process of agglutination after performing the task.

Klíčová slova

krevní skupiny, výuka přírodopisu a biologie, badatelská úloha

Keywords

blood groups, biology education, inquiry task

Úvod

Přírodovědné předměty vyžadují pochopení ne-
přeberného množství životních procesů, vztahů

a zákonitostí, které mohou být mnohdy těžko po-
chopitelné jen z výkladu učitele či textu učebnice.
Vytvořením názorné situace, vhodným zapoje-
ním do praktické úlohy a řešením problému si žák

propojí teoretické znalosti s praktickým ověřením a danou problematiku snáze pochopí (Millar & Abrahams, 2009). Právem mají praktické činnosti a laboratorní práce v přírodovědném vzdělávání ústřední roli (např. Lunetta, 1998; Hofstein & Lunetta, 2004).

Navíc, pokud mohou žáci sami provádět úlohu a aktivně se podílet na procesu svého učení, získají více znalostí a dovedností (Millar & Abrahams, 2009). Badatelsky orientované úlohy tuto možnost žákům poskytují. Principem badatelské úlohy je, že nejsou předávány hotové poznatky, ale žáci vědomosti získávají procesem, který má obdobné kroky jako práce „opravdových“ vědců (Petr, 2014). Pokud úloha umožní žákům osvojit si i poměrně komplikovanou látku, jako je v tomto případě problematika krevních skupin, usnadní učitelů výklad v souladu se zásadou názornosti, která je ve výuce zejména přírodovědných předmětů nepostradatelná (Altmann, 1975; Řehák, 1967).

Zvolená úloha umožňuje žákům vyzkoušet si provedení testů krevních skupin. Z řady důvodů je provedení krevních testů na základní škole pomocí profesionálních setů, ve kterých se séra anti-A a anti-B směšují přímo s krví, nemožné. Imunitní reakci viditelnou jako aglutinaci krve lze však simulovat prostřednictvím látek, které se budou při směšování chovat podobně jako jednotlivé krevní skupiny a séra anti-A a anti-B, tj. budou poskytovat v žádoucích případech srážecí reakci.

Tento pokus byl inspirován úlohou vytvořenou v rámci projektu Establish (Kimáková, s.a.) a úlohou z časopisu *Science in School* (Harrison, 2015). Modifikace této úlohy je také dostupná v rámci projektu *Věda není žádná věda* (s.a.), kde však autoři pracují s jinými substancemi (ocet, voda, mléko a speciální filtrát). Námi předkládaná úloha využívá také běžně dostupné substance a navíc je pojatá

jako badatelsky orientovaný úkol, který řeší žáci v menších skupinkách, tudíž se s ním jsou schopní vyrovnat i v případě, že s badatelskými aktivitami nemají příliš velké zkušenosti.

Teoretická východiska

Krevní skupiny obecně představují náročnou látku, jelikož žáci si často pletou klíčové pojmy, které jsou s tímto tématem spojené. Učitel se potýká s problémem, jak dostatečně srozumitelně žákům vysvětlit pojmy aglutinogen, antigen a aglutinin a zároveň musí zajistit, aby žáci měli elementární znalosti o imunitních reakcích, protože bez nich žáci uvedené pojmy zcela přesně nechápou či je zaměňují.

Pokud se podíváme do několika vybraných učebnic přírodopisu a biologie (např. Vaněčková et al., 2006; Dobroruka et al., 2010; Jelínek & Zicháček, 2014), zjistíme, že autoři si s tímto problémem většinou poradili za pomoci použití pojmů „aglutinogen“ a „protilátka“. Pojem aglutinace následně nahrazují českým ekvivalentem „shlukování“, který je pro žáky snáze představitelný. V učebnici od Dobroruka et al. (2010) je uveden i schematický náčrt znázorňující reakce jednotlivých krevních skupin se séry anti-A a anti-B. Jednoduché pokusy s aglutinací mohou zprostředkovat studentům také učivo z imunologie, např. Scott (s.a.).

Antigeny jsou systémy na povrchu membrány červených krvinek a vzhledem k tomu, že jejich reakcí s protilátkami (aglutininy) v krevní plazmě dochází k shlukování (aglutinaci), tak se označují jako aglutinogeny. Nikdy není v krvi obsažen shodný antigen a protilátka stejného typu, jelikož by došlo k likvidaci vlastních červených krvinek. Je známo přibližně 30 různých antigenů a s tím i analogický počet systémů krevních skupin (Blu-

menfeld & Patnaik, 2004), z nichž nejvýznamnější je systém AB0 založený na reakcích aglutinogenu A a aglutinogenu B. Přítomnost jednotlivých anti-

genů, protilátek a přibližné procentuální zastoupení krevních skupin v České republice znázorňuje Tabulka 1.

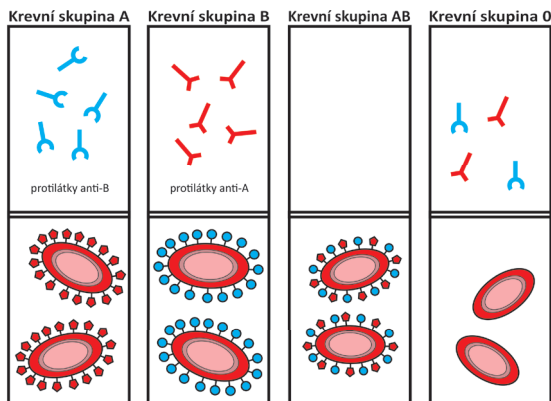
Krevní skupina	antigen(aglutinogen)	protilátka(aglutinin)	Výskyt v ČR
A	A	anti-	42 %
B	B	anti-A	15 %
AB	A + B	-	4 %
0	H	anti-A, anti-B	39 %

Tab. 1 Krevní skupiny systému AB0, jejich antigeny, protilátky a přibližný výskyt v ČR. Zdroj: převzato a upraveno z Trojan et al., 1994, s. 97, procentuální hodnoty převzaty z webových stránek oddělení krevní banky FN Motol [on-line; 2017-12-04; <http://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/spolecne-vysetrovaci-a-lecebne-slozky/oddeleni-krevni-banky/>].

Problematika krevních skupin souvisí zejména s transfuzemi, kdy je do těla příjemce vpravena krev či její složky od dárce. Jeho krev musí být při transfuzi shodná či kompatibilní s krevní skupinou příjemce. Trojan et al. (1994, s. 56) uvádějí, že pokud se při transfuzi setká krev dárce s krví příjemce a nesouhlasí jejich antigenní struktury na červených krvinkách, tak dojde k imunitní reakci, která vede k tvorbě protilátek vůči cizímu antigenu. Toto tvrzení však není zcela přesné. V případě, že má dárce například krevní skupinu A+ a dostane 0+, nic se nestane, jelikož jsou tyto skupiny kompatibilní. Při transfuzi je tedy potřeba použít takovou krev, která příjemci nezpůsobí ob-

tíže. Člověk se skupinou AB+ může přijmout krev od jakéhokoliv dárce, tudíž je označován za univerzálního příjemce. Naopak, člověk se skupinou 0- je univerzálním dárce, jelikož jeho krev mohou dostat příjemci s libovolnou krevní skupinou. To je také fakt, proč se krev skupiny 0- používá v situacích, kdy není čas detailně zjišťovat krevní skupinu pacienta (např. v krizových situacích či při akutních zákrocích). (viz tab. 2)

Vzhledem k výše uvedeným poznatkům je ale potřeba rozlišovat, zda se jedná o transfuzi plné krve, erytrocytů či čisté plazmy. Plná krev se používá například při masivní ztrátě krve a je odebrána přímo od dárce do konzervačního roztoku, čímž je připravena k okamžitému podávání. V případě transfuze erytrocytů je krevní plazma odsáta a zůstávají pouze červené krvinky, které se používají při krevních ztrátách nebo pro zvýšení objemu pro přenos kyslíku. Naopak čistá plazma je složka krve, kterou získáme, pokud dojde k odstranění červených krvinek, bílých krvinek, krevních destiček a ostatních buněčných složek krve. Její význam spočívá v obsahu životně důležitých látek (např. iontů, cukrů, solí, enzymů, protilátek a dalších). Zde je situace z hlediska kompatibility zcela opačná než u transfuze plné krve (popsané výše). V případě transfuze plazmy je totiž univer-



Obr. 1 Schéma reakcí krevních skupin s antigeny
 Zdroj: autoři. Na str. 48 barevně.

zálním příjemcem člověk se skupinou 0, naopak univerzálním dárce je člověk se skupinou AB.

Je vhodné se také zmínit, že existují dva typy transfuzí. V předchozím odstavci byla popisována tzv. alogenní transfuze, která spočívá v užití

krve od cizího dárce. Druhým typem je autologní transfuze, při níž se využívá vlastní pacientova krev, která je mu předem odebrána a uchovávána pro účely pozdější transfuze například před plánovaným zákrokem (Nečas, Šulc & Vokurka, 2006).

		Příjemce							
		0-	0+	B-	B+	A-	A+	AB-	AB+
Dárce	0-	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
	0+		ano		ano		ano		ano
	B-			ano	ano			ano	ano
	B+				ano				ano
	A-					ano	ano	ano	ano
	A+						ano		ano
	AB-							ano	ano
	AB+								ano

Tab. 2 Kompatibilita krevních skupin. Zdroj: převzato a upraveno z Snustad & Simmons, 2004.

Dědičnost krevních skupin

Typ krve ovlivňuje jediný gen, který má tři alely (i , I^A a I^B). Alely I^A a I^B jsou dominantní, zatímco alela i je recesivní. Pokud má člověk genotyp AA nebo A0 (podmíněné alelami $I^A I^A$ či $I^A i$), bude mít fenotyp projevující se jako krevní skupina A. V případě, že má genotyp BB (alely $I^B I^B$) nebo B0 (alely $I^B i$), bude fenotypový projev odpovídat krevní skupině B. Fenotyp skupiny AB je podmíněn genotypem AB (alelami $I^A I^B$), u skupiny 0 se naopak jedná o genotyp 00, tzn. přítomnost dvou recesivních alel i . Vzhledem k tomu, že ani alela I^A ani I^B si nejsou navzájem dominantní, hovoříme o kodominanci těchto alel (Solomon, Berg & Martin, 2010).

V minulosti se testy krevních skupin užívaly pro zjištění otcovství, kdy byly navzájem srovnávány krevní skupina dítěte, matky a potenciálních otců (Snustad & Simmons, 2004; Rosypal, 2012). Například, pokud má matka krevní skupinu 0 a dítě krevní skupinu A, je zjevné, že otec nemůže mít krevní skupinu B nebo 0 (tabulka 3). Jelikož známe pouze fenotyp jedince, ale neznáme jeho genotyp, tak musíme uvažovat všechny možné genotypy, které by daný fenotyp určovaly, tudíž je nutné dodat, že krevní testy mohou vyloučit některé otce, ale neumožňují pozitivní identifikaci otce. K těmto účelům se používá srovnání profilů DNA.

		Otec			
		A (I ^A I ^A , I ^A i)	B (I ^B I ^B , I ^B i)	AB (I ^A I ^B)	0 (ii)
Matka	A (I ^A I ^A , I ^A i)	0, A	0, A, B, AB	A, B, AB	0, A
	B (I ^B I ^B , I ^B i)	0, A, B, AB	0, B	A, B, AB	0, B
	AB (I ^A I ^B)	A, B, AB	A, B, AB	A, B, AB	A, B
	0 (ii)	0, A	0, B	A, B	0

Tab. 3 Zjednodušená tabulka dědičnosti krevních skupin. Zdroj: upraveno z Snustad & Simmons, 2004.

Zajímavostí je, že jako původní se nejspíše vyvinula alela I^A , což evoluční biologové interpretují také jako důvod, proč je nejrozšířenější. Jako další byla recesivní alela i , která vznikla delecí jednoho nukleotidu, čímž došlo k posunu zbývajících nukleotidů (Roubinet et al., 2004). A jako poslední vznikla alela I^B . Tento názor potvrzuje i zastoupení krevních typů na světě a odpovídá i přesunům populace v různých částech světa (Roubinet et al., 2004).

Realizace úlohy

Příprava simulačního setu

Následující postup slouží k simulaci reakcí krevních skupin se séry protilátek anti-A a anti-B. Výhodou této úlohy je použití běžně dostupných látek: odtučněné mléko, chlorid vápenatý (lze pořídit v lékárně), destilovaná voda, bramborový škrob (solamyl), kyselina citronová, jedlá soda, červené barvivo v prášku (slouží pouze k navození iluze skutečné krve). Pro realizaci úlohy je potřeba přichystat vzorky simulující jednotlivé krevní skupiny a séra anti-A a anti-B:

- **krev skupiny A:** 200 ml odtučněného mléka obarvíme červeným barvivem (v tomto případě je potřeba více barviva, jelikož se mléko poměrně špatně obarvuje)
- **krev skupiny B:** k 100 ml již připraveného roztoku chloridu vápenatého přidáme červené barvivo
- **krev skupiny AB:** smícháme 100 ml odtučněného mléka a 100 ml již připraveného roztoku chloridu vápenatého a přidáme červené barvivo
- **krev skupiny 0:** povaříme 100 ml destilované vody, po vychladnutí přidáme přibližně 40 ml suspenze škrobu (přibližně jedna třetina z připravené suspenze škrobu, viz poznámka níže) a červené barvivo
- **sérum anti-A:** rozpustíme 1 lžičku kyseliny citronové ve 40 ml destilované vody
- **sérum anti-B:** rozpustíme 1 lžičku sody ve 40 ml destilované vody (potřeba důkladně promíchat, protože se soda špatně rozpouští)

Poznámka: Pro přípravu roztoku chloridu vápenatého je vhodné použít granulovaný chlorid vápenatý (jedna vrchovatá laboratorní lžička), který se rozpustí ve 200 ml destilované vody. Další látku, kterou je nutné připravit, představuje suspenze škro-

bu (solamylu), která vznikne rozmícháním dvou větších lžiček (přibližně 25 gramů) bramborového škrobu ve 100 ml destilované vody.

Ideální je připravit si vzorky těsně před hodinou, na které s nimi budou žáci pracovat. Pokud jsou vzorky připraveny v předstihu, dochází v ampulkách k usazování jednotlivých složek směsí a je nutné je vždy před použitím protřepat.

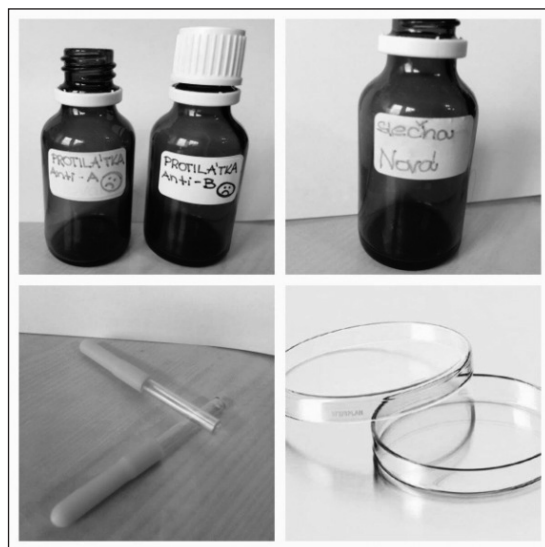
Popis samotné úlohy

Žáci pracují ve skupinkách po třech až čtyřech a společně vyplňují pracovní list. Je vhodné navodit žákům situaci z praktického života. Stávají se členy záchranného týmu, kterému byly přivezeny 2 těžce zraněné osoby. Tyto osoby potřebují urgentně na sál, přičemž je nezbytné zajistit vhodnou krevní transfuzi – žáci tedy mají společně určit krevní skupiny pacientů.

Hned v úvodu mají žáci napsat, jaké poznatky z problematiky krevních skupin už znají a které považují pro danou činnost za klíčové. Následně jsou žáci seznámeni s pomůckami, které budou mít k dispozici (obr. 2), a mají si zformulovat domněnku o tom, jak s využitím předložených pomůcek provedou krevní zkoušku.

V dalším kroku mají žáci napsat, jakým způsobem si ověří, že byla jejich domněnka správná. Prakticky se jedná o návrh pokusu, který budou žáci následně provádět, aby určili jednotlivé krevní skupiny. Žáci by zde měli sepsat jednotlivé kroky postupu práce a také všechny pomůcky, které budou k pokusu potřebovat.

Pak žáci zaznamenají své výsledky a zakreslí, jak reagovala krev s protilátkami. Všechny zjištěné závěry zapíší do připravené tabulky, kde uvedou, jaké transfuze se rozhodli poskytnout. Závěrem by měli žáci napsat, zda se jejich původní domněnka potvrdila či nikoliv.



Obr. 2 Materiál, který mají žáci k dispozici. Foto: autoři.

Ověření prezentované úlohy v praxi

Úloha byla pilotně ověřena se studenty navazujícího studia učitelství přírodopisu a biologie na katedře biologie Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (PF JU) v rámci semináře zaměřeného na metodiku školních pokusů. Celkem se do pilotáže zapojilo 20 studentů (4 muži, 16 žen) učitelství přírodopisu a 7 studentů (pouze ženy) učitelství biologie pro střední školy. Věk studentů zapojených do pilotáže se pohyboval od 21 do 25 let. Všichni účastníci pilotní studie si prakticky vyzkoušeli úlohu a následně provedli zhodnocení návrhu pomocí jednoduchého formuláře zaměřeného na posouzení náročnosti, atraktivity a využitelnosti předložené úlohy v praxi. Autorům poskytli i slovní zpětnou vazbu s doporučeními, jak úlohu upravit. Na základě těchto doporučení byly pozměněny a konkretizovány některé formulace v zadání úkolů pro žáky.

Následně úlohu řešili žáci ze dvou základních škol, které dlouhodobě s PF JU spolupracují. Obě školy jsou z důvodu zachování anonymity označeny kódy Š1 (škola 1 – základní škola, kterou navštěvuje téměř 150 žáků) a Š2 (škola 2 – českobudějovické gymnázium s přibližně 450 žáky). Na škole Š1 se do výzkumu zapojilo 15 žáků osmého ročníku, na škole Š2 se zúčastnilo 30 žáků tercie osmiletého studijního programu.

Praktické ověření úlohy bylo realizováno v květnu 2016 a na obou školách proběhlo ve třech po sobě jdoucích hodinách přírodopisu či biologie. Při první hodině byla zopakována látka vztahující se k oběhové soustavě s důrazem na problematiku krevních skupin, zejména aglutinace. Následně se žáci pomocí losování rozdělili do skupin (na škole Š1 vzniklo pět dvojic a jedna trojice, na škole Š2 bylo vytvořeno šest čtveřic a dvě dvojice). Ve skupinkách vyplnili první část protokolu a navrhli si postup vlastního pokusu. V druhé hodině si navzájem zhodnotili své návrhy a poskytli si zpětnou vazbu. Při třetí hodině měli možnost si na základě zpětné vazby od spolužáků poupravit svůj návrh a poté pokus prakticky provedli. Závěrečnou část představovalo zhodnocení výsledků jednotlivých skupin.

Metodická doporučení vyplývající z praktického ověření úlohy

Z praktického ověření je možné vyvodit následující metodická doporučení pro realizaci této úlohy. Zejména doporučujeme zařadit úlohu do výuky až v době, kdy mají žáci osvojené základní znalosti o problematice krevních skupin. Jako vhodné se jeví použít úlohu v rámci vyučovací hodiny zaměřené na opakování za účelem upevnění si pojmů, jako jsou „krevní skupina“, „protilátka“, „shlukování“ apod. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, vhod-

né je užívat pojmy aglutinogen a protilátka, aby se pojmy žákům nepletly.

Jako užitečné se ukázalo poskytnutí návodné tabulky (Příloha 1), kterou měli žáci k dispozici při navrhování vlastního experimentu i při vyhodnocování zjištěných výsledků. Tato tabulka zjednodušeně znázorňuje jednotlivé reakce krevních skupin a protilátek anti-A a anti-B. V původní verzi tabulky byly použité pro větší názornost a snadnější porozumění mračící se emotikony představující protilátky. Vhodnější je však nahradit tyto emotikony neutrální reprezentací protilátek, aby „mračící se smajlík“ nevzbuzoval dojem, že protilátky jsou pro tělo něco špatného. Protilátky jsme označili barevně tak, aby se shodovaly s antigeny, na které se mohou vázat. Zároveň jsme použili rozdílné tvarové reprezentace vazebného místa na protilátkách, které odpovídá vždy tvaru cílového antigenu. Pro snadnější orientaci žáků při pokusu doporučujeme použít stejné barevné označení i na lahvičky s protilátkami.

Z časových důvodů se ukázalo jako vhodné, aby skupina žáků vždy v pracovním listu ověřovala krevní skupinu pouze dvou zraněných osob. V celé třídě jsme použili různé kombinace sledovaných osob, takže i prezentace výsledků v závěru hodiny byla zajímavá pro všechny zúčastněné žáky.

Při realizaci úlohy v praxi bylo zpozorováno, že někteří žáci měli problém s formulací hypotézy. Vzhledem k tomu, že slovo *hypotéza* je pro žáky základní školy těžko srozumitelné a téměř se s ním nesetkávají, bylo v pracovním listu užíváno slovo *domněnka*. I přes to měli žáci s tímto krokem problémy a nebyli schopní svou domněnku správně formulovat. Při porovnání protokolů žáků ze základní školy a gymnázia bylo zjištěno, že si žáci školy Š1 vedli lépe. Příčinou mohlo být, že jejich učitel přírodopisu občas zařazuje do vý-

uky úkoly s prvky badatelsky orientovaného vyučování, kde se s hypotézami pracuje.

Jestliže se jedná o první zkušenost žáků s badatelsky orientovanou úlohou, doporučujeme použít takovou úlohu, která není zcela otevřená¹. Nejspíše bude nutná i větší pomoc ze strany učitele. Ideální je, pokud mají žáci zkušenosti s badatelskými aktivitami již z prvního stupně základní školy, protože mohou poté na druhém stupni či na střední škole provádět sofistikovanější badatelské aktivity bez větší pomoci ze strany učitele (Vácha & Ditrich, 2016).

Ukázalo se, že žáci by problém nejčastěji vyřešili poskytnutím „univerzální“ transfuze se skupinou nula. Z tohoto důvodu jsme vždy během úvodní hodiny také zmínili, že v dnešní době je tendence použít (pokud to situace umožňuje) shodnou krevní skupinu, čímž jsme se snažili předejít možnému nevhodnému vyřešení této úlohy.

1 Podle čtyřúrovňové typologie badatelských úloh (např. Stuchlíková, 2010) je otevřená badatelská úloha taková, kde si žáci samostatně kladou výzkumnou otázku, formulují vlastní hypotézu, promýšlejí a sestavují vlastní návrh pokusu, provádějí vlastní výzkum, který následně vyhodnocují a sepisují závěry ve vztahu ke své úvodní hypotéze.

Závěr

Prezentovaná badatelská úloha je doplněním výuky o problematice krevních skupin, kdy si žáci mohou prakticky vyzkoušet princip křížové zkoušky krevních skupin bez nutnosti použití pravé krve. Zároveň si uvědomí rozdíly mezi antigenem a protilátkou a na modelu mohou vidět reakce jednotlivých krevních skupin se séry anti-A a anti-B. Při závěrečném vyhodnocení po provedení pokusu byli žáci schopni vysvětlit podstatu shlukování (aglutinace) a dokázali si teoretické znalosti propojit s provedeným pokusem. V ojedinělých případech, kdy žáci nedospěli ke správnému závěru, jim byla problematika krevních skupin ještě jednou vysvětlena pomocí přehledové tabulky.

Tento pokus je možné zařadit do výuky nejen na základní škole, ale i u starších žáků. Je jen v rukou učitele, do jaké hloubky bude chtít s žáky tuto problematiku probírat. Vhodné je například doplnění úlohy o pozorování trvalého preparátu červených krvinek pod mikroskopem či propojení úlohy s poznatky z genetiky, kdy se žáci mohou zaměřit na dědičnost krevních skupin z rodičů na potomky.

Kompletní protokol pro žáky je publikován jako elektronická příloha článku na webových stránkách časopisu.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (GAJU 118/2016/S).

Literatura

- ALTMANN, A. (1975). *Metody a zásady ve výuce biologii*. Praha: SPN.
- BLUMENFELD, O. O. & PATNAIK, S. K. (2004). Allelic Genes of Blood Group Antigens: A Source of Human Mutations and cSNPs Documented in the Blood Group Antigen Gene Mutation Database. *Human Mutation*, 23(1), 8–16. <https://doi.org/10.1002/humu.10296>
- DOBRORUKA, L. J., VACKOVÁ, B., KRÁLOVÁ, R. & BARTOŠ, P. (2010). *Přírodopis III pro 8. ročník základní školy*. Praha: Scientia.
- HARRISON, T. (2015). Investigating Blood Types. *Science in School*, 32, 33–36.

- HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundation for the 21st Century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- JELÍNEK, J. & ZICHÁČEK, V. (2003). *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc.
- KIMÁKOVÁ, K. (s.a). Establish Blood Donation, Activity 1.7. – Determining blood types. [cit. 4. 3. 2016] Dostupné z <http://www.establish-fp7.eu/resources/units/blood-donation>
- LUNETTA, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and centers for contemporary teaching. In P. Fensham (Ed.), *Developments and Dilemmas in Science Education* (169–188). London: Falmer Press. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_16
- MILLAR, R. & ABRAHAMS, I. (2009). *Practical Work: Making It More Effective*. [cit. 9. 3. 2016] Dostupné z <http://www.gettingpractical.org.uk/documents/RobinSSR.pdf>
- NEČAS, E., ŠULC, K. & VOKURKA, M. (2006). Patologická fyziologie orgánových systémů. Praha: Karolinum.
- PETR, J. (2014). *Možnosti využití úloh z biologické olympiády ve výuce přírodopisu a biologie – inspirace pro badatelsky orientované vyučování*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- ROSPAL, S. (2010). *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia.
- ROUBINET, F. DESPIAU, S., CALAFELL, F., JIN, F., BERTANPETIT, J., SAUTOU, N. & BLANCHER, A. (2004). Evolution of the 0 alleles of the human AB0 blood group gene. *Transfusion*, 44, 707–715. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2004.03346.x>
- ŘEHÁK, B. (1967). *Vyučování biologii*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- SCOTT, D. (s.a.). Using Balloons to Teach Immunology. [cit. 10. 4. 2016] Dostupné z <http://www.aai.org/Education/Teaching-Resources/Scott-Using>
- SNUSTAD, D. P. & SIMMONS, M. J. (2004). *Genetika*. Brno: Masarykova univerzita.
- SOLOMON, E. P., BERG, L. R. & MARTIN, D. W. (2010). *Biology* (9th edition). Brooks/Cole CENGAGE Learning.
- STUHLÍKOVÁ, I. (2010, březen). O badatelsky orientovaném vyučování. In M. Papáček (Ed.), *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování* (129–135). DiBi 2010. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Pedagogická fakulta.
- TROJAN, S. et al. (1994). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Avicenum.
- VÁCHA, Z. & DITRICH, T. (2016). Efektivita badatelsky orientovaného vyučování na primárním stupni základních škol v přírodovědném vzdělávání v České republice s využitím prostředí školních zahrad. *Scientia in Education*, 7(1), 65–79.
- VANĚČKOVÁ, I., SKÝBOVÁ, J., MARKVARTOVÁ, D. & HEJDA, T. (2006). *Přírodopis 8 – učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Nakladatelství Fraus.
- VĚDA NENÍ ŽÁDNÁ VĚDA (s. a.). Krev, krevní skupiny a transfuze krve – I. [cit. 2. 5. 2016] Dostupné z http://www.vedaneniveda.cz/Veda/pdf/7_biologie_stredni%20skola/04_aplikace/4.1_krev1.pdf