

# MOBILNÉ APLIKÁCIE VO VYUČOVANÍ BIOLÓGIE: PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

OPEN ACCESS



## Mobile Applications in Teaching Biology: a Case Study



ELENA ČÍPKOVÁ, MICHAEL FUCHS, [michael.fuchs@uniba.sk](mailto:michael.fuchs@uniba.sk), Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra didaktiky prírodných vied, psychológie a pedagogiky; ADAM VOROBEL', Základná škola, Levočská cesta 6, Stará Ľubovňa

## Abstract

*The rapid scientific and technological development of recent decades has led to digital technologies becoming an important part of the lives of the many people who use them to obtain information and find solutions to various problems. The most used digital technologies today include smartphones and mobile applications. Although mobile phones and the mobile applications used through them were not seen as learning tools for a long time, they have gradually found their way into schools with the aims of making teaching more attractive and to support pupils' learning. In this context, there is a need for conceptual frameworks and methodologies that support the active and meaningful use of mobile applications to meet the stated educational objectives. By appropriately selecting mobile applications and embedding them into teaching, teachers can enable pupils to acquire knowledge, and to observe and explore various natural phenomena and processes that can be challenging to simulate in a classroom setting. Therefore, in this article, we focus on the presentation of the results of a quasi-experiment aimed at the implementation of mobile applications in the thematic unit "The Human and the Human Body" and their impact on the educational results achieved by pupils. The data obtained suggest that the use of mobile applications can have an impact on the level of knowledge of pupils in the seventh year of primary school.*

## Kľúčové slová

*mobilné aplikácie, vedomosti, biológia, prípadová štúdia*

## Key words

*mobile applications, knowledge, biology, case study*

## ÚVOD

Využitie digitálnych technológií vo vzdelávaní sa v posledných rokoch stalo často diskutovanou témou z hľadiska ich vplyvu na proces vzdelávania a jeho aktérov. Dnes je už preukázané, že prostredníctvom využitia týchto technológií je možné podporiť záujem žiakov o vzdelávanie (napr. Nagy, Nagyová, & Mišúrová 2013; Jenó, Grytnes, & Vandvik, 2017; Deslis, Kosmidis, 2018; Nikolopoulou, 2019) alebo prehlbovať úroveň ich vedomostí (napr. Solvang, & Haglund, 2018; Smeets, 2005; Peat, & Fernandez, 2000). Rovnako môžu zvyšovať interaktivitu vzdelávania, podporovať vzájomnú komunikáciu jednotlivých aktérov vzdelávania (Schulz-Zander, Büchter, & Dalmer, 2002) alebo zvyšovať úroveň tvorivosti žiakov (Allegra, Chifari, & Ottaviano, 2001; Wheeler, Waite, & Bromfield, 2002). Napriek

rýchlemu tempu rozvoja digitálnych technológií vhodných pre vzdelávanie žiakov, realizované výskumy poukazujú na to, že úroveň ich implementácie do vzdelávania je stále na pomerne nízkej úrovni (Ng, 2015). Medzinárodné porovnávacie testovanie PISA v rámci krajín OECD preukázalo, že iba približne 55% žiakov vo veku 15 rokov sa pravidelne stretáva s využívaním digitálnych technológií s cieľom podpory vzdelávania (OECD Publishing, 2020). Výsledky medzinárodného testovania TIMSS z roku 2007 poukázali na skutočnosť, že iba 31,2% žiakov na Slovensku má v rámci prírodovedného vzdelávania pravidelne možnosť využívať digitálne technológie (Foy, & Olson, 2009). V roku 2019 došlo k zníženiu počtu žiakov na 30% (Mullis et al., 2020). Aj na základe uvedených údajov je

problematike nízkej miery integrácie digitálnych technológií do vzdelávania venovaná značná pozornosť. Autori Hew a Brush (2007) vymedzili celkovo 123 bariér, ktoré vedú k zníženiu miery využitia technológií vo vzdelávaní. Tieto bariéry je možné zaradiť do šiestich kategórií, ktorými sú zdroje, vedomosti a zručnosti, škola, postoje a názory, predmetová kultúra a hodnotenie. Práve zdroje, medzi ktoré patria aj digitálne technológie, predstavujú najpočetnejšiu skupinu bariér vzdelávania. Ertmer (1999) vymedzil bariéry prvého a druhého rádu, pričom bral na zreteľ predovšetkým to, kto je zodpovedný za využívanie technológií vo vzdelávaní. Bariéry prvého rádu stoja na strane školy a jej vybavenia. Bariéry druhého rádu sa týkajú učiteľov, ich zručností, postojov k technológiám a vlastnej seba dôvery pri ich využívaní.

V posledných rokoch môžeme pozorovať snahu o zlepšenie technologického vybavenia škôl so zámerom zvýšenia integrácie digitálnych technológií do vzdelávania (napr. Škola na dotyk alebo IT Akadémia na Slovensku, Tablety do škôl v Česku a pod.). Napriek tomu mnohé štúdie (napr. Tomková, 2011; Mišianiková et al., 2021; Karasová, 2021) stále poukazujú na nedostatočné vybavenie škôl digitálnymi technológiami. Určitým riešením môže byť využitie mobilných technológií. Medzi tieto technológie patria hardvérové (napr. tablety, prenosné počítače, senzory, mobilné telefóny) a softvérové (rozhrania, mobilné aplikácie a pod.) zariadenia (Lang, & Jarvenpaa, 2005). Práve moderné mobilné telefóny, označované aj ako smartfóny, v súčasnosti predstavujú najrozšírenejší a najčastejšie využívaný druh digitálnych technológií (Caballé, Xhafa, & Barolli, 2010; Hollis et al., 2015). Popularita a dostupnosť týchto technológií vytvára priestor na ich integráciu do vzdelávania (Hwang, & Wu, 2014). V prospech tejto myšlienky hovoria aj výsledky niektorých výskumov ukazujú, že slovenskí žiaci disponujú vlastnými mobilnými te-

lefonmi, ktoré je možné uplatniť aj vo vyučovaní prírodných vied. Autorky Gregussová a Kováčiková (2008) na vzorke 518 žiakov základnej školy zistili, že 95,7% z nich bežne používa mobilný telefón, pričom 89,7% žiakov malo vlastný mobilný telefón. Podobné výsledky zistili aj Adamčák a Nemeč (2016), ktorí uvádzajú, že mobilný telefón vlastní 80,04% žiakov 8. a 9. ročníka základnej školy.

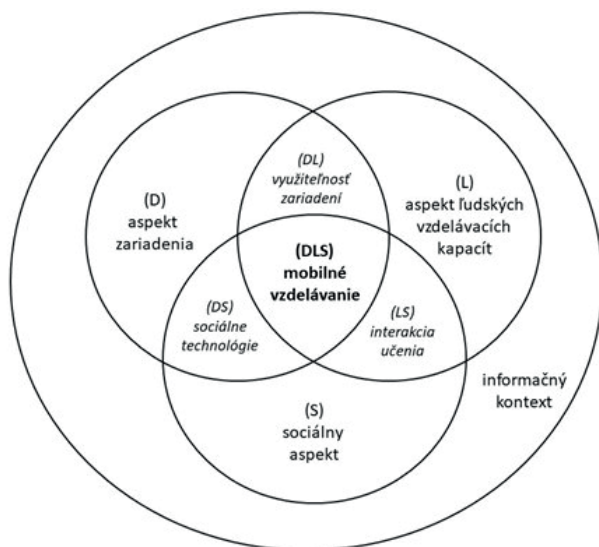
## MOBILNÉ VZDELÁVANIE

Značná popularita mobilných zariadení a ich relatívna cenová dostupnosť zvýšili aj požiadavku na ich využívanie vo vzdelávaní prostredníctvom mobilného vzdelávania (príp. m-learning) (Kim, & Kwon, 2012, Wu et al., 2012). Napriek tomu, že sa v literatúre už niekoľko rokov stretávame s pojmom mobilné vzdelávanie, stále nie je medzi autormi zhoda na jeho definícii. Mobilné vzdelávanie je najčastejšie vymedzované ako forma výučby, pri ktorej nie sú žiaci viazaní na konkrétne miesto a do vzdelávacích aktivít sa zapájajú prostredníctvom technológií (Kukulka-Hulme, 2006) alebo vzdelávanie, pri ktorom majú vzdelávaní príležitosť využiť mobilné technológie (O'Malley et al., 2003). Iní autori zase definujú mobilné vzdelávanie predovšetkým ako formu e-learningu, pri ktorej sú využívané rôzne druhy mobilných zariadení (Quinn, 2000; Pinkwart, Hoppe, Milrad, & Perez, 2003). Chin-Cheh Yi, Huang a Hwang (2010) za mobilné vzdelávanie považujú celý rad postupov, prostredníctvom ktorých učitelia sa zostávajú v kontakte so vzdelávacím prostredím, vrátane spolužiakov a učiteľov, pričom využíva dostupné mobilné technológie. Vymedzenie mobilného vzdelávania sa tak opiera hlavne o využívanie mobilných technológií ako prostriedku vzdelávania. V poslednom období sa ale stretávame s názormi, ktoré takéto vymedzenia mobilného vzdelávania považujú za nedostatočné. Napríklad Laouris a Eteokleous (2005) vznášajú požiadavku širšieho

vymedzenia, ktoré bude reflektovať aj iné prvky mobilného vzdelávania, ako len samotné použitie mobilnej technológie. Ide napríklad o neohraničené využitie priestoru (fyzického, ale aj virtuálneho), aktívnu účasť žiaka na vlastnom vzdelávaní, umožnenie vzájomnej komunikácie medzi aktérmi vzdelávania, využívanie metód podporujúcich aktivitu a kooperáciu, prispôbenie učebných osnov využitiu technológií, postavenie učiteľa v pozícii facilitátora a pod. Integrácia mobilného vzdelávania do výučby si tak vyžaduje komplexnejší prístup, ktorý zohľadňuje ako samotné využitie technológie, tak aj aspekty, ktoré stoja na strane jednotlivých aktérov vzdelávacieho procesu.

Pre implementáciu mobilných technológií do vzdelávania prostredníctvom m-learningu je nevyhnutné poznanie jednotlivých prvkov tohto vzdelávania a ich vzájomnej interakcie (Ozdamli, & Cavus, 2011). V súčasnosti je známych viacero modelov, ktoré sa snažia znázorniť základné prvky a vlastnosti mobilného vzdelávania. Jedným z týchto modelov je aj komplexný model FRAME

(The Framework of Rational Analysis of Mobile Education). Model FRAME pristupuje k mobilnému vzdelávaniu ako k procesu, ktorý je založený na konvergencii troch základných aspektov, konkrétne použitého zariadenia, ľudských vzdelávacích kapacít a sociálnej interakcie (obr. 1). Zároveň predstavuje užitočný nástroj pre plánovanie a realizáciu vzdelávania založeného na využití mobilných technológií (Koole, 2009; Rikala, 2015). Aspekt zariadenia sa orientuje predovšetkým na funkčné komponenty mobilných technológií, s ktorými žiaci pracujú v priebehu vzdelávania a ktoré majú vplyv na ich fyzické a psychické pohodlie. Aspekt ľudských vzdelávacích kapacít poukazuje predovšetkým na už získané vedomosti a kognitívne schopnosti vzdelávaného. Sociálny aspekt konkretizuje sociálny kontext, v ktorom prebieha vzdelávanie (Kenny et al., 2009). Model FRAME vo svojej podstate objasňuje kľúčové aspekty mobilného vzdelávania, ako aj vzájomné vzťahy medzi týmito aspektmi a faktormi, ktoré determinujú využitie mobilných zariadení vo vzdelávaní.



Obr. 1 FRAME model (spracované podľa Koole, 2009)

Z hľadiska prírodovedného vzdelávania má využitie mobilných technológií značný potenciál. Umožňujú realizovať rôzne experimenty, merania a pozorovania, ktoré nemusia byť viazané výlučne na priestor školskej triedy (Osborne, & Hennessy, 2003; Šponiar, & Brestenská, 2015). Realizované výskumy naznačujú, že využitie mobilných technológií podporuje motiváciu a zvedavosť žiakov (Chiang, Yang, & Hwang, 2014; Chang, & Hwang, 2019), umožňuje rozvoj schopnosti bádania a objavovania (Edelson, Gordin, & Pea 1999, Suárez et al., 2018), rozvíja kritické myslenie (Lai, & Hwang, 2014). Významnú úlohu v tomto smere zohráva možnosť prepojenia mobilných technológií s metódami podporujúcimi aktivitu žiaka v priebehu vzdelávania. Využitie mobilných technológií tak podporuje realizáciu prírodovedného vzdelávania založeného na konštruktivistickom princípe (Orr, 2010). Práve snaha o konštruktivistický prístup založený na aktívnej účasti žiakov na vlastnom vzdelávaní v súčasnosti patrí k primárnym cieľom prírodovedného vzdelávania, vrátane vyučovania biológie.

Mobilné vzdelávanie je v súčasnosti považované za ďalší mílnik vo využívaní digitálnych technológií vo výučbe. Teoretický rámec pre tento spôsob vzdelávania je však ešte stále roztrieštený aj v dôsledku prudkého rozvoja technológií, ktoré neustále ponúkajú nové príležitosti pre implementáciu do vzdelávania (Rikala, 2015). Vzniká tak požiadavka objasnenia potenciálu využívania mobilných technológií v kontexte rôznych aspektov vzdelávacieho procesu a využitia rôznych druhov mobilných technológií a ich vplyvu na vzdelávanie žiakov.

## CIEĽ VÝSKUMU, VÝSKUMNÁ OTÁZKA

V rámci vyučovania biológie na základných školách sú žiakom siedmeho ročníka prezentované rôzne pojmy a procesy spojené s fungovaním ľudského tela, ktorých osvojenie si vyžaduje určitú úroveň abstrakcie. Mnohé výskumy (napr. Rea-Ramirez, & Clement, 1997; Reiss, & Tunnicliffe, 2001; Prokop, & Fančovičová, 2006; Havu-Nuutinen, & Keinonen, 2010; Nagyová, 2016; Čípková, & Barčáková, 2018) naznačujú, že predstavy žiakov o stavbe orgánových sústav, tvare, veľkosti, uložení a funkcii orgánov a orgánových sústav sú častokrát mylné. Hlavným cieľom výskumu preto bolo zistiť, či využitie vybraných mobilných aplikácií má vplyv na úroveň vedomostí žiakov siedmeho ročníka o ľudskom tele. V rámci realizovaného výskumu sme sa zamerali na zodpovedanie nasledujúcej výskumnej otázky:

**Ako ovplyvňuje využitie vybraných mobilných aplikácií úroveň faktických vedomostí žiakov siedmeho ročníka základnej školy?**

## METÓDY VÝSKUMU

Realizovaný výskum bol založený na kváziexperimentálnom dizajne. Pre tento výskumný dizajn je charakteristické, že nie je možné zadeliť účastníkov do experimentálnej a kontrolnej skupiny na základe náhody, ako je tomu pri pravom pedagogickom experimente (Bačíková, & Janovská, 2018). Žiaci zúčastnení na výskume boli zadelení do dvoch tried siedmeho ročníka už na začiatku školského roka. S ohľadom na organizáciu vzdelávania na škole nebolo možné zloženie jednotlivých tried v priebehu výskumu meniť.

Pedagogický kváziexperiment prebiehal v troch na seba nadväzujúcich krokoch. V úvode kváziexperimentu bol žiakom dvoch tried administrovaný pretest s cieľom zistenia vstupných vedomostí o orgánových sústavách ľudského tela. Na základe jeho výsledku boli žiaci zaradení do experimentálnej a kontrolnej skupiny. Za experimentálnu skupinu bola zvolená trieda, ktorá v preteste získala nižší priemerný počet bodov. Následne bolo v experimentálnej a kontrolnej skupine odučených sedem vyučovacích hodín zameraných na tému opornej, pohybovej, tráviacej, dýchacej a obehovej sústavy. V rámci jednotlivých vyučovacích hodín bol využívaný trojfázový model EUR. Pri vzdelávaní experimentálnej skupiny bolo využitých šesť vybraných voľne dostupných mobilných aplikácií (Human Anatomy 3D mozaik, Skeleton 3D Anatomy, Organs 3D Anatomy, Organs Anatomy Pro., Blood Group - Blood Type Check, Stress Locator). Tieto aplikácie obsahujú obrazový materiál jednotlivých orgánových sústav a simulácie znázorňujúce procesy, ktoré v nich prebiehajú. Žiaci kontrolnej skupiny namiesto mobilných aplikácií pracovali s učebnicou a nástennými obrazmi jednotlivých orgánových sústav. V oboch skupinách boli využívané rovnaké metódy podporujúce aktivitu žiakov. Takýmto spôsobom sme sa snažili minimalizovať vplyv využitých vyučovacích metód na rozdiely v úrovni vzdelávacích výsledkov žiakov. Posledným krokom kváziexperimentu bol posttest, ktorý sme žiakom administrovali s odstupom dvoch týždňov od ukončenia výučby.

Pri analýze získaných údajov z pretestu a posttestu sme venovali pozornosť ako deskriptívnej štatistike, tak aj zisteniu, či medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou existujú štatisticky významné rozdiely. Na zistenie normality rozloženia dát sme použili Shapiro-Wilkov test, ktorý je aplikovaný pri malých ( $N < 50$ ) výskumných súboroch (Yap, & Sim, 2011). Ak dáta pochádzali z normálneho rozloženia, použili sme Studentov t-test, kto-

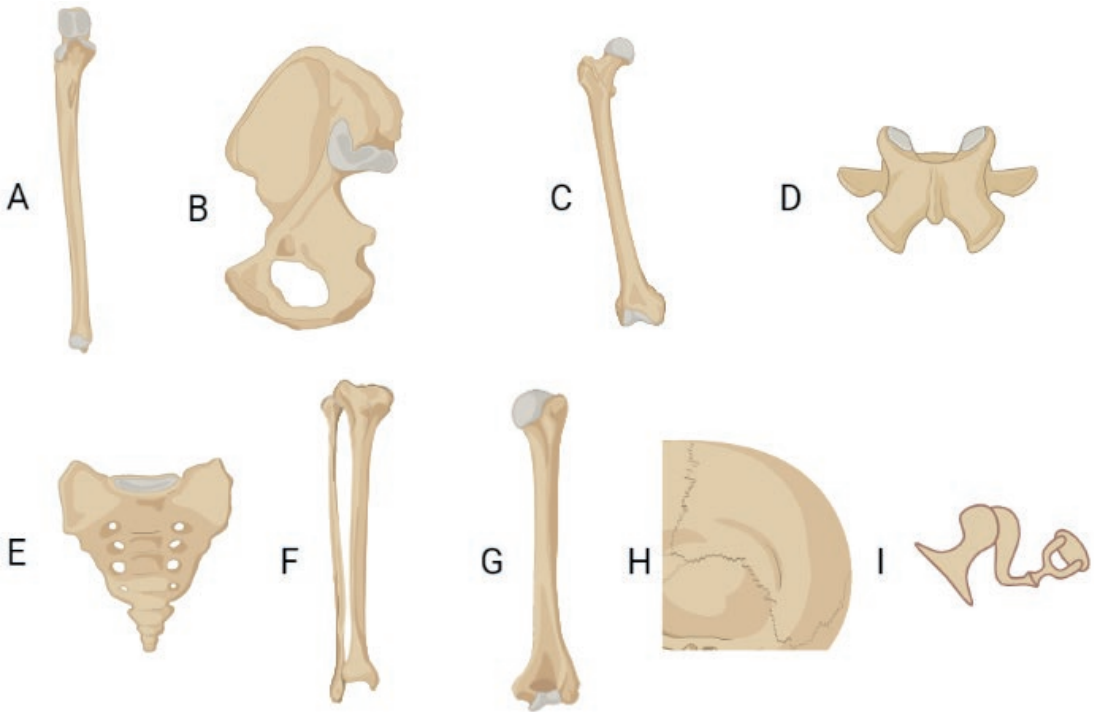
rým je možné zistiť, či rozdiel medzi priemerom experimentálnej a kontrolnej skupiny je náhodný alebo štatisticky významný. V prípade, že dáta nepochádzali z normálneho rozloženia, porovnávali sme mediány oboch skupín prostredníctvom Mann-Whitneyho (Wilcoxon) testu (Bergman, Ludbrook, & Spooren, 2000).

## PRÍKLADY AKTIVÍT S VYUŽITÍM MOBILNÝCH APLIKÁCIÍ REALIZOVANÝCH SO ŽIAKMI EXPERIMENTÁLNEJ SKUPINY

Jednotlivé aktivity boli koncipované tak, aby žiaci aktívne pracovali s vybranými aplikáciami a prostredníctvom nich si osvojovali vybrané pojmy, dokázali ich zatriediť do orgánových sústav a vedeli stručne opísať procesy prebiehajúce v jednotlivých častiach týchto sústav. S potrebou inštalácie vybraných mobilných aplikácií boli žiaci oboznámení pred realizáciou vyučovacej hodiny.

### Aktivita 1: Kosti ľudského tela

Vzdelávacia aktivita je zameraná na rozpoznanie vybraných kostí a určenie ich umiestnenia v kostre človeka. Žiaci mali za úlohu vyhľadať v mobilnej aplikácii Skeleton 3D Anatomy kosti uvedené na **obr. 2**. Aplikácia umožňuje selektovanie jednotlivých kostí ľudského tela a ich priestorové otáčanie, vďaka čomu môžu žiaci lepšie pozorovať ich tvar. Rovnako môžu pozorovať aj ich spojenie s ostatnými časťami opornej sústavy. V priebehu práce s aplikáciou žiaci do obrázku vpisovali názvy kostí a zaradili ich do osovej kostry a kostry končatín. V závere aktivity žiaci spoločne viedli rozhovor o tvare vybraných kostí (**obr. 2**) a spôsobe ich spojenia s ostatnými časťami kostry. Spôsoby spojenia kostí (pohyblivo – kĺbom, pevne – väzivom, chrupkou a kostným tkanivom) si žiaci zapísali do obrázka.



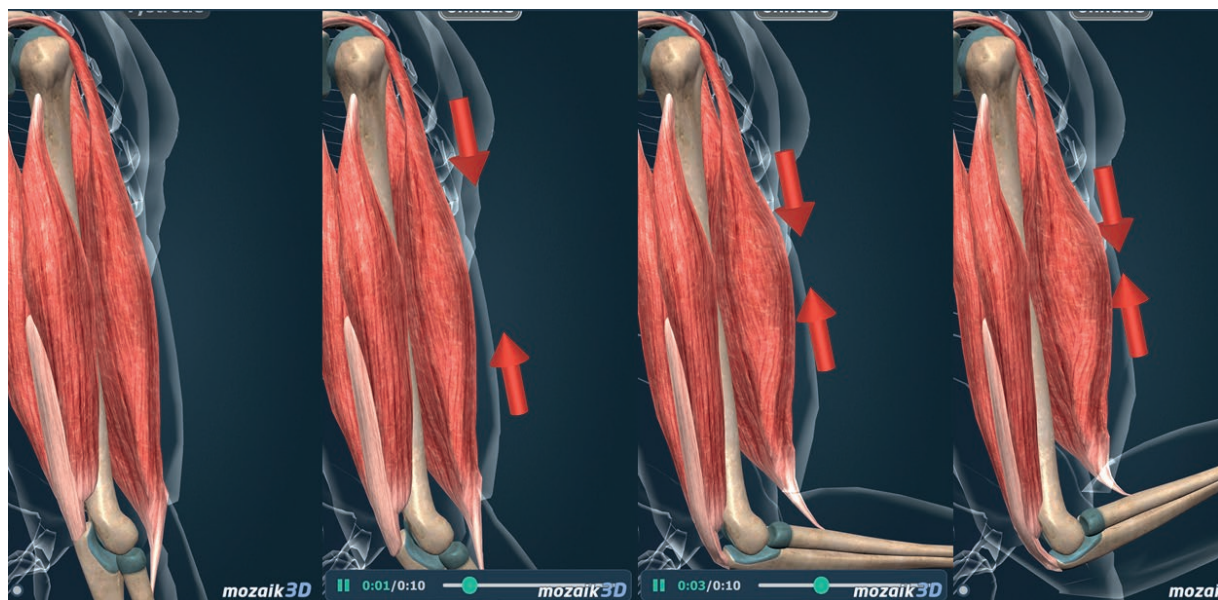
Obr. 2 Obrázok kostí, ktoré mali žiaci vyhľadať v aplikácii Skeleton 3D Anatomy

## Aktivita 2: Pohyby svalov v 3D

Súčasťou témy o svalovej sústave človeka je aj činnosť svalov pri pohybe. Pre lepšie znázornenie procesu stiahnutia a uvoľnenia priečne pruhovaných svalov pri pohybe pracovali žiaci experimentálnej skupiny pri sprístupňovaní učiva s mobilnou aplikáciou Human Anatomy 3D mozaik. V knižnici tejto aplikácie sa nachádza simulácia stiahnutia a uvoľnenia svalov ramena (obr. 3). Po pripojení 3D okuliarov pozorovali v trojrozmernom priestore postupné stiahnutie dvojhlavého svalu a uvoľnenie

trojhlavého svalu ramena, pričom samotné zobrazenie si mohli otáčať z rôznych uhlov pohľadu. Žiaci zároveň pozorovali upínanie priečne pruhovaných svalov na kosť hornjej končatiny. Túto aktivitu ukončili rozhovorom o vzájomnom prepojení svalovej a opornej sústavy a ich spolupráci pri pohybe organizmu.





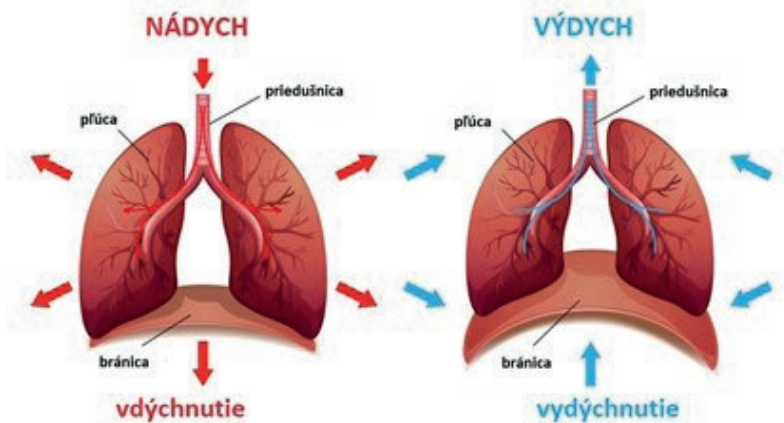
Obr. 3 Animácia činnosti dvojhlavého a trojhlavého svalu ramena

### Aktivita 3: Mechanizmus dýchania

Pri opisovaní procesu dýchania človeka môžeme často v predstavách žiakov identifikovať rôzne miskoncepce. Jednou z problémových oblastí je účasť bránice na mechanizme vonkajšieho dýchania. V tejto aktivite bolo úlohou žiakov pozorovať v aplikácii *Organs 3D Anatomy* pohyb bránice a zmeny v objeme pľúc pri dýchaní. Po skončení pozorovania do obr. 4 napísali názvy vybraných častí dýchacej sústavy a prostredníctvom šípok zaznačili smer pohybu bránice a dýchacích plynov pri výdychu

a nádychu. V závere aktivity žiaci spoločne diskutovali o problémovej otázke: „Prečo pohyby bránice umožňujú nádych a výdych?“ Žiaci na základe pozorovanej animácie počas diskusie dospeli k záveru, že pohyb bránice smerom nahor pri výdychu vedie k zmenšeniu hrudníkovej dutiny a pohyb smerom nadol pri nádychu spôsobuje zväčšenie hrudnej dutiny a naplnenie pľúc vzduchom.





Obr. 4 Obrázok pre zaznamenanie mechanizmu dýchania u človeka

#### Aktivita 4: Darcovstvo krvi

Zámerom realizovanej aktivity prostredníctvom skupinovej práce bolo oboznámiť žiakov s kompatibilitou krvných skupín. V rámci aktivity boli žiaci rozdelení do štyroch pracovných skupín. Každá skupina mala pridelenú jednu krvnú skupinu (A, B, AB a 0). Na základe zadania mali žiaci v skupine prostredníctvom mobilnej aplikácie Blood Group – Blood Type Check určiť, ktoré krvné skupiny môže prijať pacient s krvnou skupinou, ktorá im bola pridelená v úvode aktivity. Svoje zistenia zaznamenávali do tabuľky (obr. 5). Po vyplnení tabuľky jednotlivé skupiny informovali ostatných o svojich zisteniach. V závere aktivity žiaci prostredníctvom internetu dostupného v mobilnom telefóne vyhľadávali informácie o podmienkach darovania krvi.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>AB</b>	<b>0</b>
<b>A</b>				
<b>B</b>				
<b>AB</b>				
<b>0</b>				

Obr. 5 Tabuľka na zaznamenanie kompatibility krvných skupín

## Aktivita 5: Vplyv fyzickej záťaže na pulzovú frekvenciu

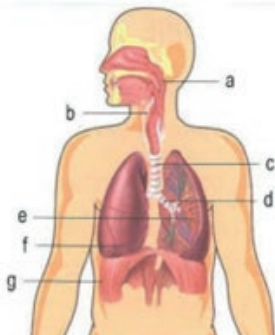
Súčasťou vyučovania biológie človeka nie sú len poznatky o stavbe orgánových sústav a procesoch, ktoré v nich prebiehajú, ale aj faktoroch, ktoré ich ovplyvňujú. Do vzdelávania oboch skupín zúčastnených na výskume bolo preto zaradené praktické cvičenie, ktoré sa zameriavalo na zistenie vplyvu fyzickej záťaže na pulzovú frekvenciu. Žiaci experimentálnej skupiny praktické cvičenie realizovali pomocou mobilnej aplikácie Stress Locator, ktorá umožňuje zistiť pulzovú frekvenciu po piatich minútach sedenia, po vykonaní 30 drepov a po piatich minútach od skončenia fyzickej záťaže. Namerané údaje zaznamenávali do tabuľky, ktorú si sami navrhli. Následne žiaci v aplikácii Organs 3D Anatomy pozorovali animáciu znázorňujúcu kontrakcie srdcového svalu. Na základe nameraných údajov a pozorovanej animácie žiaci formulovali závery o vplyve fyzickej záťaže na pulzovú frekvenciu a zmeny v rýchlosti kontrakcie srdcového svalu.

## VÝSKUMNÝ NÁSTROJ

Pre overenie úrovne vedomostí žiakov sme využili neštandardizovaný didaktický test vlastnej konštrukcie, ktorý sa z obsahového hľadiska zameriaval na obsah učiva tematického celku Človek a jeho telo (Štátny pedagogický ústav, 2015). Test obsahoval 22 položiek, z ktorých malo 13 uzavretých a 9 otvorených charakter (obr. 6). Za správnu odpoveď na jednotlivé položky testu mohli žiaci celkovo získať 39 bodov. Jednotlivé položky testu sa podľa revidovanej Bloomovej taxonómie kognitívnych cieľov zameriavali na dimenziu faktických vedomostí a dimenziu procesov zapamätať si (vymenovať, uviesť), porozumieť (stručne vyjadriť a zhrnúť) a hodnotiť (vybrať, zatriediť). Práve faktické vedomosti predstavujú základný prvok, ktorý umožňuje žiakom oboznámiť sa s obsahom vedy a zároveň prostredníctvom súboru faktických vedomostí môžu hľadať riešenia problémov (Krathwohl, 2002). Obsahová validita testu bola posúdená tromi expertmi z oblasti didaktiky. Reliabilitu testu sme zisťovali prostredníctvom Cronbachovho alfa, ktoré dosiahlo pri preteste hodnotu 0,84 a postteste 0,82. Na základe tohto výsledku môžeme výskumný nástroj považovať za reliabilný (Nunnally, & Bernstein, 1978).

### 10. Pomenuj jednotlivé časti dýchacej sústavy podľa obrázka (3,5 bodu)

- a) .....
- b) .....
- c) .....
- d) .....
- e) .....
- f) .....
- g) .....



Obr. 6 Ukážka testovej položky

## VÝSKUMNÝ SÚBOR

Výskumný súbor tvorili žiaci ( $N = 32$ ) dvoch tried siedmeho ročníka jednej plnoorganizovanej základnej školy v okrese Stará Ľubovňa. Experimentálnu skupinu tvorilo 16 žiakov (8 dievčat a 8 chlapcov). Súčasťou kontrolnej skupiny bolo 16 žiakov (7 dievčat a 9 chlapcov). Na základe pedagogických skúseností jedného z autorov príspevku, ktorý je učiteľom biológie v oboch skupinách môžeme skonštatovať, že pre obe skupiny žiakov je charakteristický pomerne nízky záujem o vyučovanie biológie a ostatné prírodovedné predmety, čo sa negatívne podpisuje aj pod nimi dosahované vzdelávacie výsledky. Realizácia kváziexperimentu prebiehala v mesiacoch január až február 2022. Pri riešení pretestu a posttestu žiaci neboli časo-

vo limitovaní. Rovnako boli oboznámení s tým, že za výsledok testu nebudú klasifikovaní známku.

## ANALÝZA VÝSLEDKOV VÝSKUMU

Základné popisné charakteristiky získaných dát (tab. 1) poukázali na skutočnosť, že v preteste dosiahla vyššiu priemernú percentuálnu úspešnosť kontrolná skupina (37,2%) ako experimentálna skupina (26,9%). V postteste sme zaznamenali opačný výsledok, nakoľko žiaci experimentálnej skupiny dosiahli priemernú úspešnosť 48,3% a žiaci kontrolnej skupiny 43,6%.

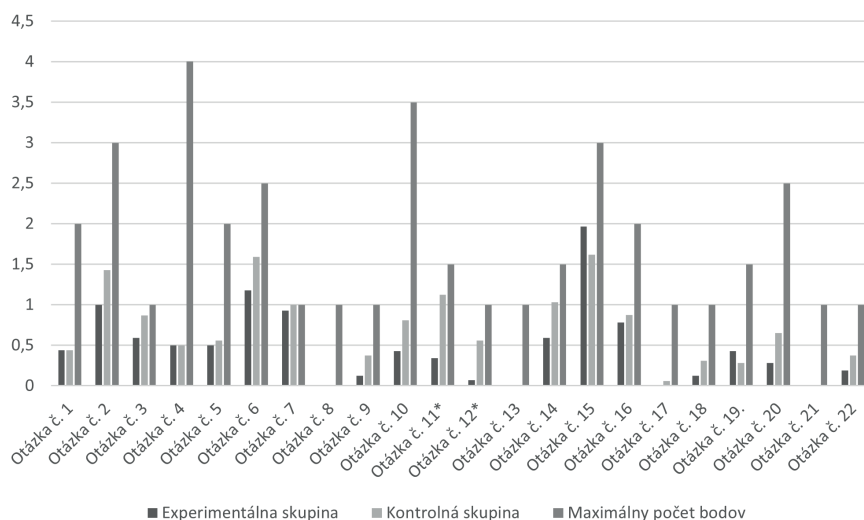
Tab. 1 Deskriptívna štatistika pretestu a posttestu

	PRETEST		POSTTEST	
	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
Počet žiakov	16	16	16	16
Priemer	10,5	14,5	18,1	17,3
Medián	9,3	14,3	18,2	17,2
Modus	6	{5, 10, 11}	{16, 18, 21}	18,5
Smerodajná odchýlka	6,8	6,9	7,0	5,9
Variačný koeficient	65,1%	47,5%	38,6%	34,3%
Minimum	0,5	5	9	5
Maximum	25,5	27	31,5	28,5
Variačné rozpätie	25	22	22,5	23,5
Štandardná šikmosť	1,23	0,40	0,52	-0,12
Štandardná špicatosť	0,05	-0,73	-0,60	0,23

Žiaci experimentálnej skupiny získali v preteste v priemere 10,5 bodov a žiaci kontrolnej skupiny 14,5 bodov. Výsledok Shapiro-Wilkovho testu preukázal, že dáta pochádzajú z normálneho rozloženia ( $W = 0,95$ ;  $p = 0,26$ ). Parametrický Studentov t-test pre dva nezávislé výbery ale nepreukázal štatisticky významné rozdiely medzi výsledkom experimentálnej a kontrolnej skupiny ( $t = 1,65$ ;  $p = 0,11$ ). Pri

porovnaní jednotlivých testových položiek sme zistili štatisticky významné rozdiely ( $p < 0,05$ ) pri dvoch otázkach, ktoré riešili lepšie žiaci kontrolnej skupiny (**Graf 1**). Na tri položky testu ani jeden žiak z oboch skupín neuviedol správnu odpoveď.

Graf 1 Porovnanie priemerného počtu bodov experimentálnej a kontrolnej skupiny v jednotlivých položkách pretestu



\* Štatisticky významné rozdiely ( $p < 0,05$ )

Experimentálna skupina v postteste získala v priemere 18,1 bodov a kontrolná skupina 17,3 bodov. Získané dáta pochádzali z normálneho rozloženia ( $W = 0,97$ ;  $p = 0,69$ ). Aby sme zistili, či rozdiel medzi priemerom experimentálnej a kontrolnej skupiny je náhodný alebo štatisticky významný, použili sme Studentov t-test. Jeho výsledok ( $t = 2,43$ ,  $p = 0,044$ ) preukázal štatisticky významné rozdiely v prospech experimentálnej skupiny. Žiaci experimentálnej skupiny získali vyšší priemerný počet

bodov v 15 položkách (**Graf 2**). Pri dvoch položkách ani jeden žiak zúčastnený na realizácii kváziexperimentu neodpovedal správne. Pri štatistickom porovnaní jednotlivých testových položiek sme zaznamenali štatisticky významné rozdiely ( $p < 0,05$ ) pri šiestich položkách (**Graf 2**). Položky 1, 2, 10, 12 a 15 riešili úspešnejšie žiaci experimentálnej skupiny a položku 21 žiaci kontrolnej skupiny. Prvá položka testu sa zameriavala na charakteristiku dýchacej sústavy. Väčšina žiakov vo svojich

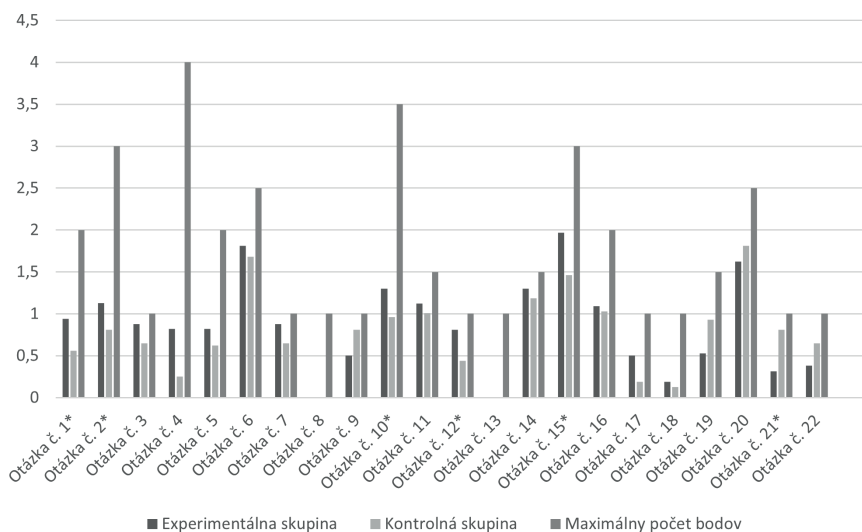
odpovediach uvádzala výlučne výmenu dýchacích plynov a neuvádzala aj ďalšie funkcie, ako napríklad termoregulácia organizmu a pod. V kontrolnej skupine takmer polovica žiakov neuviedla žiadnu odpoveď. V položke 2 sme od žiakov požadovali, aby uviedli tri funkcie opornej sústavy. Žiaci v oboch skupinách uvádzali v prevažnej miere odpovede, ktoré spájali úlohu tejto sústavy predovšetkým s tvarom a oporou tela. Len časť žiakov vo svojich odpovediach uviedla aj ochranu vnútorných orgánov, podiel na tvorbe krvi, uloženie a metabolizmus minerálnych živín alebo funkciu pasívneho pohybového aparátu organizmu. Položka 10 mala otvorený charakter, pričom sa od žiakov vyžadovalo, aby do obrázku na vyznačené miesta uviedli jednotlivé časti dýchacej sústavy. V prípade žiakov experimentálnej skupiny sme zaznamenali, že väčšina žiakov uviedla všetky požadované časti dýchacej sústavy, ale nie vždy ich priradili na správne miesto. Ako najčastejšie sa vyskytujúcu chybu sme identifikovali zámenu pojmov priedušnica a prieduška, pľúca a popľúcnica. Pri analýze odpovedí žiakov kontrolnej skupiny sme zistili, že viac ako polovica žiakov nedokázala uviesť všetky súčasti dýchacej sústavy. Vo väčšine prípadov títo žiaci vynechávali pojmy bránica a popľúcnica. Rovnako žiaci kontrolnej skupiny často uvádzali namiesto pojmu hrtan pojem hltan. So stavbou dýchacej sústavy boli žiaci experimentálnej skupiny oboznámení pomocou aplikácie Organs 3D Anatomy, ktorá okrem prehľadu jednotlivých častí sústavy poskytuje aj animáciu mechanizmu dýchania, vrátane pohybu bránice. Učivo o stavbe dýchacej sústavy bolo žiakom kontrolnej skupiny sprístupnené iba prostredníctvom nástenného obrazu a vysvetľovania učiteľom. V položke 12 mali žiaci zvoliť typ ciev, ktoré odvádzajú odkysličenú krv z orgánov do srdca. Všetky nesprávne odpovede žiakov experimentálnej skupiny uvádzali pojem vlásočnice. U žiakov kontrolnej skupiny

sme zistili vyššiu variabilitu odpovedí, pričom najčastejšie uvádzali pojmy tepny a vlásočnice. Počas vyučovania boli žiaci experimentálnej skupiny s daným učivom oboznámení prostredníctvom mobilných aplikácií Human Anatomy 3D mozaik a Organs 3D Anatomy, ktoré poskytujú celkový model obehovej sústavy, vrátane označenia ciev, ktoré privádzajú a odvádzajú krv do a zo srdca. V kontexte nesprávnych odpovedí žiakov experimentálnej skupiny je potrebné uviesť, že dané aplikácie zobrazujú orgány pokryté sústavou vlásočnic, čo mohlo u žiakov viesť k predstave, že práve vlásočnice odvádzajú odkysličenú krv z jednotlivých orgánov do srdca. Žiaci kontrolnej skupiny boli s obehovou sústavou a jej časťami oboznámení prostredníctvom obrázkov v učebnici. V prípade položky 15 sme od žiakov požadovali, aby uviedli odpovede, ktoré sa týkali priloženého textu zameraného na krvné skupiny, ich frekvenciu v rámci populácie a ojedinelé možnosti zmeny krvnej skupiny u človeka. V oboch skupinách mali žiaci problém určiť najzriedkavejšiu krvnú skupinu v slovenskej populácii. Najčastejšie uvádzali krvnú skupinu 0, ktorá bola uvedená ako prvá v danom texte. U žiakov kontrolnej skupiny sme zistili problém aj v určení troch spôsobov, ako môže dôjsť k zmene krvnej skupiny. Niektorí žiaci tejto skupiny nechali túto časť položky bez uvedenia odpovede. Žiakom experimentálnej skupiny bola problematika krvných skupín prezentovaná prostredníctvom aktivity zameranej na možnosti darčovstva krvi, pri ktorej využívali aplikáciu Blood Group - Blood Type Check, zatiaľ čo žiaci kontrolnej skupiny v rámci vyučovania pracovali len s textom a schematickým znázornením krvných skupín v učebnici. Pri hodnotení tejto položky je ale potrebné zohľadniť aj samotnú úroveň schopnosti žiakov čítať s porozumením, ktorá je častokrát na nízkej úrovni. Položka 21 mala uzavretý charakter, v rámci ktorej mali žia-

ci uviesť odpoveď na to, ktorá žľaza s vonkajším vylučovaním v ľudskom tele je najväčšia. Väčšina žiakov v oboch skupinách vo svojich odpovediach považovala za najväčšiu žľazu s vonkajším vylučovaním žalúdok. Porovnanie výsledku ex-

perimentálnej a kontrolnej skupiny preukázalo, že žiaci kontrolnej skupiny túto položku riešili štatisticky významne lepšie.

Graf 2 Porovnanie priemerného počtu bodov experimentálnej a kontrolnej skupiny v jednotlivých položkách posttestu



\* Štatisticky významné rozdiely ( $p < 0,05$ )

Zaujímavým zistením výskumu bolo, že ani jeden žiak zúčastnený kváziexperimentu ako v preteste, tak ani v postteste nezodpovedal správne položky 8 a 13. V prípade uzavretej položky 8 mali žiaci zvoliť možnosť, ktorá obsahovala časti horných dýchacích ciest. Väčšina žiakov v oboch skupinách volila možnosť, ktorá zahŕňala aj pľúca. V položke 13 sa od žiakov vyžadovalo, aby zdôvodnili, prečo ľavá strana pľúc má len dva laloky. Väčšina žiakov kontrolnej skupiny v preteste a postteste nechala túto položku prázdnu. V prípade posttestu sme za-

znamovali u časti žiakov experimentálnej skupiny snahu o odpoveď, pričom väčšina z nich svoju odpoveď zdôvodňovala mechanizmom dýchania spočívajúcom v pohybe bránice. Tento výsledok podľa nášho názoru poukazuje na potrebu zvýšenia názornosti pri vyučovaní tém spojených s anatómiou a fyziológiou dýchacej sústavy človeka.



## DISKUSIA A ZÁVER

V rámci vyučovania biológie v siedmom ročníku základnej školy sú žiakom sprístupňované rôzne poznatky, ktoré si vyžadujú určitý stupeň abstrakcie s cieľom porozumenia procesom prebiehajúcim v ľudskom tele. Jedným z nástrojov podporujúcim proces osvojenia si nových vedomostí môžu byť mobilné technológie zvyšujúce napríklad vizualizáciu učiva a podporujúce rozvoj schopnosti abstrakcie (Chang, Wu, Lai, & Sung, 2016; Lau, Yen, Li, & Wah, 2014). V súčasnosti je dostupné množstvo mobilných technológií, ktoré našli svoje uplatnenie vo vzdelávaní. Medzi tieto technológie patria aj mobilné aplikácie, ktoré si vďaka svojej dostupnosti, interaktivite, jednoduchému ovládaniu, možnosti vzájomnej spolupráce, možnosti podpory motivácie a hodnotenia žiaka postupne nachádzajú miesto vo vyučovaní (Laktišová, & Sršníková, 2017). Publikované výskumy (napr. Jenó, Grytnes, & Vandvik, 2017; Iskrenovic-Momcilovic, 2020) naznačujú, že integrácia mobilných aplikácií do vzdelávania žiakov môže mať pozitívny vplyv na úroveň ich vedomostí. Je však potrebné si uvedomiť, že ani využitie tej najmodernejšej mobilnej aplikácie ešte nemusí automaticky viesť k zlepšeniu vzdelávacích výsledkov žiakov. Dôležitým aspektom v tomto smere je využitie vhodných metód a postupov, ktoré umožnia žiakom získavať nové vedomosti a zručnosti pri aktívnom používaní mobilných aplikácií.

Na základe údajov získaných z výskumu môžeme konštatovať, že využitie mobilných aplikácií môže mať vplyv na úroveň faktických vedomostí žiakov siedmeho ročníka o orgánových sústavách človeka. Tento názor opierame o skutočnosť, že žiaci experimentálnej skupiny dosiahli v postteste štatisticky významne lepšie výsledky, ako žiaci kontrolnej skupiny. Podobné výsledky zaznamenali aj autori Yang a Chang (2017) a Jenó, Grytnes a Vandvik (2017), ktorí zistili, že žiaci, do vzdelávania

ktorých sú aplikované mobilné telefóny podporujúce mobilné aplikácie v prepojení na využitie aktivizujúcich metód majú aj vyššiu úroveň vedomostí. V kontexte celkovej štatistickej analýzy posttestu a jeho porovnaním s pretestom môžeme konštatovať zvýšenie úrovne faktických vedomostí u oboch skupín zúčastnených kváziexperimentu. Samotnú úspešnosť žiakov v postteste (experimentálna skupina 48,3% a kontrolná skupina 43,6%) nemôžeme ale považovať za dostatočnú. U žiakov oboch skupín sme zaznamenali relatívne nízku mieru osvojenia si niektorých pojmov, ale aj schopnosti zdôvodniť usporiadanie orgánov ľudského tela a procesy, ktoré v nich prebiehajú. Pri analýze jednotlivých položiek administrovaného testu sme zároveň zistili, že žiaci experimentálnej skupiny dosiahli štatisticky lepšie výsledky predovšetkým pri otvorených otázkach. Podobný výsledok zistil aj Akpınar (2014), ktorý pri hodnotení výsledkov výskumu uvádza, že využitie digitálnych technológií môže podporovať koncepčné porozumenie učivu zo strany žiakov. Vizualizácia učiva prostredníctvom digitálnych technológií môže zvyšovať schopnosť žiakov argumentovať a zdôvodňovať svoje odpovede (Chee, Yahaya, & Ibrahim, 2018).

Napriek tomu, že získané výsledky naznačujú potenciál využitia mobilných aplikácií vo vyučovaní biológie z hľadiska úrovne dosahovaných vzdelávacích výsledkov žiakov, je potrebné zohľadniť aj určité limity výskumu. Realizovaného kváziexperimentu sa zúčastnil pomerne malý výskumný súbor žiakov ( $N = 32$ ), ktorí navštevujú jednu základnú školu. Tento stav nám neumožňuje vytvárať závery a zovšeobecnenia, ktoré by sme mohli vzťahovať na všetkých žiakov siedmeho ročníka základných škôl.

## Literatúra

- Adamčák, Š., & Nemeč, M. (2016). Informovanosť žiakov základných škôl o globálnom polohovom systéme a hre geocaching vo vybraných mestách a obciach východného Slovenska. *Studia sportiva*, 10(2), 112-120. <https://doi.org/10.5817/StS2016-2-11>
- Allegra, M., Chifari, A. & Ottaviano, S. (2001). ICT to train students towards creativethinking. *Educational Technology & Society*, 4(2), 48-53.
- Akpınar, E. (2014). The use of interactive computer animations based on POE as a presentation tool in primary science teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 527-537. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9482-4>
- Bačíková, M. & Janovská, A. 2019. *Základy metodológie pedagogicko-psychologického výskumu. Sprievodca pre študentov učiteľstva*. Prešov: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, ŠafárikPress, 154 s.
- Bergmann, R., Ludbrook, J., & Spooren, W. P. (2000). Different outcomes of the Wilcoxon-Mann-Whitney test from different statistics packages. *The American Statistician*, 54(1), 72-77. <https://doi.org/10.1080/00031305.2000.10474513>
- Caballé, S., Xhafa, F., & Barolli, L. (2010). Using mobile devices to support online collaborative learning. *Mobile information systems*, 6(1), 27-47. <https://doi.org/10.1155/2010/935169>
- Chang, C.-Y., & Hwang, G.-J. (2019). Trends in Digital Game-Based Learning in the Mobile Era: A Systematic Review of Journal Publications od roku 2007 do 2016. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 13, 68-90. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2019.096468>
- Chang, K. E., Wu, L. J., Lai, S. C., & Sung, Y. T. (2016). Using mobile devices to enhance the interactive learning for spatial geometry. *Interactive Learning Environments*, 24(4), 916-934. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.948458>
- Chee, K. N., Yahaya, N., & Ibrahim, N. H. (2018). Factors of students' performance based on cognitive level in a mobile learning environment. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 12(2), 190-212. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2018.090852>
- Chiang, T. H.-C., Yang, S. J., & Hwang, G.-J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352- 365.
- Chin-ChehYi, P. W. L., Huang, C. F., & Hwang, I. H. (2010). Acceptance of mobile learning: a respecification and validation of information system success. *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(7), 477-481.
- Čipková, E., & Barčáková, V. (2018). Miskoncepce žiakov základnej školy o opornej a pohybovej sústave. *Biológia,ekológia, chémia*, 22 (3), 24-28.
- Deslis, D., Kosmidis, C. V., & Tenta, E. (2018). Using a non-educational mobile game for learning in biology, geography and mathematics: Pokémon go as a case study. In *International Conference on Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education* (pp. 388-396). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_29)
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391- 450. <https://doi.org/10.1080/10508406.1999.9672075>
- Ertmer, P. A. (1999). Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational technology research and development*, 47(4), 47-61. <https://doi.org/10.1007/BF02299597>

- Foy, P., & Olson, J. F. (Eds.). (2009). TIMSS 2007 international database and user guide. TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Gregussová, M., & Kováčiková, D. (2008). *Sú naše deti vo virtuálnom prostredí v bezpečí*. Bratislava: Výskumný ústav detskej psychológie a patopsychológie.
- Havu-Nuutinen, S., & Keinonen, T. (2010). The changes in pupils' conceptions of human body based on science, technology and society based teaching. *Journal of Baltic science education*, 9(3), 212-223.
- Hew, K. F., & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>
- Hollis, C., Morriss, R., Martin, J., Amani, S., Cotton, R., Denis, M., & Lewis, S. (2015). Technological innovations in mental healthcare: harnessing the digital revolution. *The British Journal of Psychiatry*, 206(4), 263-265. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.113.142612>
- Hwang, G. J., & Wu, P. H. (2014). Applications, impacts and trends of mobile technology-enhanced learning: a review of 2008-2012 publications in selected SSCI journals. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 8(2), 83-95. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2014.062346>
- Iskrenovic-Momcilovic, O. (2020). Contribution of using mobile application on botanical fieldwork in primary school. *Interactive Learning Environments*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1826531>
- Jeno, L. M., Grytnes, J. A., & Vandvik, V. (2017). The effect of a mobile-application tool on biology students' motivation and achievement in species identification: A Self-Determination Theory perspective. *Computers & Education*, 107, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.011>
- Karasová, M. (2021). Digitálne kompetencie učiteľa primárneho vzdelávania. *Studia Scientifica Facultatis Paedagogicae Universitas Catholica Ružomberok*, 20(5), 262-270.
- Kim, H., & Kwon, Y. (2012). Exploring smartphone applications for effective mobile-assisted language learning. *Multimedia-Assisted Language Learning*, 15(1), 31-57. <https://doi.org/10.15702/mall.2012.15.1.31>
- Kenny, R. F., Van Neste-Kenny, J. M., Park, C. L., Burton, P. A., & Meiers, J. (2009). Mobile learning in nursing practice education: Applying Koole's FRAME model.
- Koole, M. L. (2009). A model for framing mobile learning. *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*, 1(2), 25-47.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2)
- Kukulska-Hulme, A. (2006). Mobile language learning now and in the future. In: *Från vision till praktik: Språkutbildning och Informationsteknik (From vision to practice: language learning and IT)*. Sweden: Swedish Net University (Nätuniversitetet), pp. 295-310.
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2014). Effects of mobile learning time on students' conception of collaboration, communication, complex problem-solving, meta-cognitive awareness and creativity. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 8(3-4), 276-291. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2014.067029>
- Laktišová, P., & Sršníková, D. (2017). Mobilná aplikácia vo vyučovaní anglického jazyka: risk alebo zisk?. *CASALC Review*, 6(3), 44-44.
- Lang, K. R., & Jarvenpaa, S. (2005). Managing the paradoxes of mobile technology. *Information systems management*, 22(4), 7-23. <https://doi.org/10.1201/1078.10580530/45520.22.4.20050901/90026.2>

- Laouris, Y., & Eteokleous, N. (2005). We need an educationally relevant definition of mobile learning. In *Proceedings of mLearn* (Vol. 2005).
- Lau, R. W., Yen, N. Y., Li, F., & Wah, B. (2014). Recent development in multimedia e-learning technologies. *World Wide Web*, 17(2), 189-198. <https://doi.org/10.1007/s11280-013-0206-8>
- Mišianiková, A., Hubeňáková, V., Kireš, M., Babinčáková, M., Šveda, D., & Šafárik, P. J. (2021, November). Assessment of Digitalization in Primary and Secondary Schools by SELFIE Survey as a part of School Leaders Training. In 2021 19th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA) (pp. 252-258). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICETA54173.2021.9726580>
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). TIMSS 2019 international results in mathematics and science. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website.
- Nagy, T., Nagyová, S., & Mišúrová, P. (2013). Vplyv digitálnych technológií na záujem žiakov o predmet. *Biológia, Ekológia, Chémia*, 17(4).
- Nagyová, S. (2016) Miskoncepce žiakov z oblasti biológie. In Held L. et al. (2016) *Východiská prípravy prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020 I. K aktuálnemu stavu prírodovedného vzdelávania*. Trnava: Trnavská univerzita, 2016. ISBN 978-80-8082-993-3.
- Ng, W. (2015). *New digital technology in education*. Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05822-1>
- Nikolopoulou, K. (2019). Motivation and mobile devices' usage at school: Pupils' opinions. *American Journal of Education and Information Technology*, 3(1), 6-11.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1978). *Psychometric theory mcgraw-hill new york*. The role of university in the development of entrepreneurial vocations: a Spanish study, 387-405.
- O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J. P., Taylor, J., Sharples, M., & Lefrere, P. (2003). *MOBilelearn WP4-Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment*. Retrieved February, 14, 2007.
- OECD Publishing. (2020). *PISA 2018 results (volume V): Effective policies, successful schools*. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD.
- Orr, G. (2010, April). A review of literature in mobile learning: Affordances and constraints. In 2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education (pp. 107-111). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WMUTE.2010.20>
- Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). *Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions* (Vol. 6). London: Futurelab.
- Ozdamli, F., & Cavus, N. (2011). Basic elements and characteristics of mobile learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 28, 937-942. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.173>
- Peat, M., & Fernandez, A. (2000). The role of information technology in biology education: an Australian perspective. *Journal of Biological Education*, 34(2), 69-73. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655688>
- Pinkwart, N., Hoppe, H.U., Milrad, M. & Perez, J. (2003) Educational scenarios for the cooperative use of Personal Digital Assistants. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 3, 383-391. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2003.00039.x>
- Prokop, P., & Fančovičová, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *Journal of Baltic Science Education*, (10).
- Quinn, C. (2000). *mLearning: Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning*. LiNE Zine. Fall.
- Rea-Ramirez, M. A., & Clement, J. (1997). Article Title: *Conceptual Models Of Human Respiration And Alternative Conceptions [That Present Possible Impediments To Students' Understanding]*.

- Reiss, M. J., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students' understandings of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31(3), 383-399. <https://doi.org/10.1023/A:1013116228261>
- Rikala, J. (2015). Designing a mobile learning framework for a formal educational context. *Jyväskylä studies in computing*, (220).
- Schulz-Zander, R., Büchter, A. & Dalmer, R. (2002). The role of ICT as a promoter of students' cooperation. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(4), 438-448. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2002.002.x>
- Smeets, E. (2005). Does ICT contribute to powerful learning environments in primary education?. *Computers & Education*, 44(3), 343-355. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.04.003>
- Solvang, L., & Haglund, J. (2018). GeoGebra in physics education. In 10th International Conference on Education and New Learning Technologies, Palma, Spain. 2-4 July, 2018. (pp. 9667-9674). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2018>
- Suárez, Á., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38- 55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>
- Šponiar, M., & Brestenská, B. (2015). Mobilné zariadenia vo vyučovaní prírodných vied-faktory výberu zariadenia a implementačné koncepcie. *Zborník z 3. národnej konferencie učiteľov chémie*, 45.
- Štátny pedagogický ústav. (2015). *Inovovaný ŠVP pre 2. stupeň ZŠ*.
- Tomková, V. (2011). Videokonferenčný systém ako inovačný prvok vo vzdelávaní. *Edukacja-Technika-Informatyka*, 2(2), 173-178.
- Wheeler, S., Waite, S. & Bromfield, C. (2002). Promoting creative thinking through the use of ICT. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(3), 367-378. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2002.00247.x>
- Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., & Huang, S. H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & education*, 59(2), 817-827. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016>
- Yang, H.-C., & Chang, W.-C. (2017). Ubiquitous Smartphone Platform for K-7 Students Learning Geography in Taiwan. *Multimedia Tools and Applications*, 76, 11651-11668. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3325-2>
- Yap, B. W., & Sim, C. H. (2011). Comparisons of various types of normality tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 81(12), 2141-2155. <https://doi.org/10.1080/00949655.2010.520163>