



Zisťovanie vedomostí a identifikácia žiackych miskonceptí konceptu „Delenie buniek“

Pupils' level of knowledge and identification of misconceptions about "cell division"

Abstract: This article deals with the results of research in which we search for the level of knowledge and identify the misconceptions of "Cell division" at grammar school pupils. These problematic concepts such as cell cycle, mitosis, meiosis. The starting point of the research was the analysis of available domestic and foreign literature focused on the model of the didactic reconstruction, pupil ideas, preconcepts and misconceptions. We also analyzed a part of the innovated State Educational Program, which in its performance and content section deals with the topic "Cell division". We focused on exploring the understanding of the curriculum on topic "cell division" and revealing pupil's misunderstood ideas about cell division. We used a test of our own construction to find the level of knowledge and detect the misconceptions of the grammar school pupils. We subjected the data obtained by the test to quantitative and qualitative analysis, to the detection of the success, difficulty, and sensitivity of the items. Based on the results obtained, we formulate conclusions and recommendations for pedagogical practice.

Key words: cell division, misconception, knowledge, grammar school pupils

URL: http://bech.truni.sk/article/2022_1_1.pdf

Soňa Nagyová¹

¹*Katedra didaktiky prírodných vied,
psychológie a pedagogiky
Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava
Slovensko
sona.nagyova@uniba.sk*

Erika Lessová²

²*Základná škola
Hurbanova ul. 128/25
Stará Turá
Slovensko*

Úvod

Vedomosti, ktoré si žiaci v procese vzdelávania osvojujú, nie sú izolované od predstáv a skúseností, ktoré nadobúdajú v bežnom živote. Na mnoho vecí si žiaci vytvoria svoj vlastný pohľad, ktorý je často v rozpore s vedeckým chápaním sveta. Môžeme povedať, že detské (žiacke) poznávanie sveta je založené predovšetkým na ich vlastných skúsenostiach a zážitkoch. Predstavy detí sú často spojené s emóciami, ktoré upevňujú ich rôznorodé interpretácie javov a myšlienok. S pohľadom na svet, ktorý je formovaný okolím, dospelými aj rovesníkmi prichádza žiak do školy, kde je ďalej konfrontovaný so školským prostredím, učiteľmi a spolužiakmi. Aj napriek snahám učiteľov zmeniť nepresné, či mylné predstavy žiakov, sa často stretávame s neúspechom, nakoľko žiacke predstavy sú v ich mysli pevne fixované a pre žiaka tak zmysluplné. Aj keď si žiak dokáže nové vedomosti rýchlo osvojiť, často ide len o povrchné osvojenie si učiva. Takto získané vedomosti nedokážu nabúrať pôvodné predstavy žiakov, keďže im dávajú zmysel, necítia potrebu ich meniť. Takýmto spôsobom vzniká koexistencia školských, teda vedeckých vedomostí a osobných interpretácií daného javu (Gavora 1992; Kubiátko 2017).

Teoretické východiská

Pojem „prekoncepty“ predstavuje prvotné poznatky jedinca, ktoré môžu byť nepresné, mylné alebo úplne nesprávne, nemusia byť vždy vedecky akceptovateľné. Sú to subjektívne názory, ponímania, teórie, hypotézy a rôzne koncepcie, ktoré sa opierajú o intuíciu. Žiak vníma svet okolo seba a vytvára si vlastné

predstavy o tom ako veci fungujú na základe toho čo vidí. Má vlastné schémy, ktorými si vysvetľuje javy priamo súvisiace s predošlou skúsenosťou či pozorovaním javov a stačia mu na to, aby mu dávali zmysel a umožňovali mu orientovať sa vo svete alebo riešiť každodenné problémové situácie. Žiak má svoje predstavy o daných pojmoch či javoch predtým, ako sú v škole z odborného hľadiska spresňované. Tieto prekoncepty si každý žiak prináša do vyučovacieho procesu (Čáp a Mareš 2001; Biznárová 2005; Tarábek a Tarábek 2009).

Prekoncepty sa u učiaceho sa jedinca (žiaka) vytvárajú postupne skúsenosťami a rôznymi vplyvmi, ktoré na neho pôsobili od útleho detstva. O prekonceptoch nemožno uvažovať len ako o žiackych znalostiach, pretože sú zložito štruktúrované. Na ich vytvorenie má vplyv množstvo faktorov, či už v školskom alebo mimoškolskom prostredí. Často sú emocionálne podmienené a majú individuálnu zážitkovú povahu (Doulík a Škoda 2003).

V škole si žiak stavia svoje vedomosti predovšetkým na prekonceptoch, mylných interpretáciách, ktoré si vytvoril, ďalej ich buduje prostredníctvom učenia sa v škole, čím upevňuje svoje chybné skonštruované poznatky, a tak môžu vzniknúť miskoncepce. Termín „*miskoncepce*“ sa dá voľne preložiť aj ako nesprávne, chybné chápanie pojmov, neúplné porozumenie alebo mylná koncepcia učiva. Sú to odlišnosti žiackych predstáv od predstáv vedecky akceptovateľných. Ak sú u žiaka príliš silne fixované, je náročné ich zmeniť a odstrániť. Z tohto pohľadu je veľmi dôležité mylné predstavy žiakov odhaliť čo najskôr a pokúsiť sa tak predchádzať ich fixácii a vzniku nových miskonceptí. Je potrebné viesť žiakov k tomu, aby si uvedomovali prepojenia medzi novonadobudnutými poznatkami a už existujúcimi myšlienkovými štruktúrami (Doulík a Škoda 2003; Čáp a Mareš 2001; Kohoutek 2008; Nagyová 2016; Nagyová 2019). Ak nie sú miskoncepce eliminované na základnom stupni, môžu sa v mnohých prípadoch preniesť a podporovať vznik ďalších vznikajúcich miskonceptí vo vyšších stupňoch vzdelávania (Pine, Messer a John 2001; Held a kol. 2019). Za miskoncepce, ktoré vznikajú v prírodovednom vzdelávaní, je čiastočne zodpovedný aj nevhodný didaktický postup alebo nerešpektovanie žiackych prekonceptov. Často sa stáva, že sú to práve pedagógovia, ktorí sú iniciátormi vznikajúcich žiackych miskonceptí, a to vďaka používaniu nevhodných vyučovacích metód, ktoré sú zamerané len na tzv. nižšie myšlienkové operácie. Dôsledkom toho, že koncept nie je jasný pre vyučujúceho, nemôže byť ani správne vysvetlený. Týmto spôsobom môžu byť miskoncepce prenesené z učiteľa na žiaka.

Miskoncepce môžu negatívne ovplyvňovať proces učenia sa žiakov, nakoľko sú veľmi stabilné a nepodliehajú ľahko zmenám. To viedlo k potrebe miskonceptie skúmať, identifikovať a k snahe rôznymi spôsobmi mylné predstavy odstrániť. Cieľom odborových didaktík je rekonštruovanie obsahu vedeckého poznania a vytváranie učebných obsahov, aby bolo možné jednoducho, zrozumiteľne a primerane veku sprístupňovať žiakom učivo, ktoré zodpovedá súčasnému stavu vedy, a tak predchádzať vzniku miskonceptí. Základ pre didaktickú rekonštrukciu je zohľadniť vzťah medzi vedeckým poznaním v danom odbore a detským chápaním (Čáp a Mareš 2001, Jelemenská, Sander a Kattmann 2003).

Identifikáciou miskonceptí bunkového delenia sa zaoberalo viacero autorov. Napríklad Machová a Ehler (2019) vo svojom výskume zaznamenali tieto miskoncepce: „*Bunky, ktoré sa ďalej už nerozdeľujú (nervové bunky) nepotrebujú genetickú informáciu alebo dostávajú informácie od okolitých buniek*“, „*Bunky sa delia na dve dcérske, bez uvedomenia si potreby replikácie DNA*“. Vlčková, Kubiátko a Usak (2016) zistili, že žiaci nevnímajú rozdiel medzi pohlavnými a telovými bunkami. Mlynske žiacke predstavy v pochopení bunkového delenia prostredníctvom mitózy a meiózy zistili aj autori Oztas a Oztas (2016).

Ciele výskumu

Hlavným cieľom výskumu bolo zistiť úroveň vedomostí a výskyt miskonceptí u žiakov gymnázií v súvislosti s konceptom „*Bunkové delenie*“. K splneniu hlavného cieľa bolo potrebné stanoviť si čiastkové ciele:

- *analyzovať* dostupnú slovenskú a zahraničnú literatúru, vedecké články a štúdie zamerané na problematiku žiackych predstáv, inovovaný Štátny vzdelávací program (ISCED3 – Biológia) v kontexte

s obsahovým a výkonovým štandardom konceptu „*Delenie buniek*“, cieľové požiadavky na vedomosti a zručnosti maturantov z biológie,

- *identifikovať* miskoncepce u žiakov 2., 3. a 4. ročníka štvorročného gymnázia (resp. sexty, septimy, oktávy gymnázia s 8-ročným štúdiom),
- *vytvoriť* výskumný nástroj (test vlastnej konštrukcie) za účelom zistenia úrovne vedomostí a identifikácie miskonceptí žiakov konceptu „*Bunkové delenie*“,
- test vlastnej konštrukcie *administrovať* a jednotlivé testové položky podrobiť kvantitatívno-kvalitatívnej analýze,
- na základe výsledkov výskumu *odporučiť* závery pre pedagogickú prax.

Výskumný nástroj

Výskumným nástrojom bol test vlastnej konštrukcie (pozri PRÍLOHA), ktorý slúžil na zisťovanie úrovne vedomostí a identifikáciu miskonceptí konceptu „*Delenie buniek*“. Test bol zostavený tak, aby umožnil podrobnejšie preskúmať „myšlienkové pochody“ žiakov, preto bol pomerne rozsiahly a rozdelený na dve časti, ktoré na seba logicky nadväzovali – Test I a Test II. Test bol zameraný na témy: bunkový cyklus, mitóza a meióza. Prvá časť testu obsahovala 10 testových položiek, druhá časť 9. Potreba rozdeliť test na dve časti vyplynula z väčšieho rozsahu niektorých testových položiek (tie obsahovali viacero podotázok). Test bol vytvorený v printovej aj elektronickej podobe (MS 365 Forms), výskum sa však realizoval online formou (kvôli pandemickej situácii a dištančnej forme výučby).

Didaktický test pozostával z nasledujúcich typov testových položiek:

- *tvorba voľnej odpovede* – odpoveď na otázku žiaci formulovali sami (Test I – položky č. 1, 2, 6, 7; Test II – č. 9, 8c).
- *dvojúrovňové úlohy* – žiak si vyberá odpoveď dvakrát; prvá úroveň položky spočíva vo výbere z viacerých možností, ktoré mu úloha ponúka a v druhej úrovni si žiak vyberá tvrdenie (zdôvodnenie) výberu, ktorý uskutočnil v prvej úrovni položky (položka č. 9 – Test I, upravené podľa Wetzlera (2014). Zvyšné dvojúrovňové položky (Test I – položky č. 3, 5; Test II – č. 2, 4, 5, 6) boli konštruované tak, že žiak v druhej úrovni položky formuloval vlastné zdôvodnenie (tvorba voľnej odpovede). Vlastné zdôvodnenie v dvojúrovňových úlohách sme zvolili z dôvodu hlbšieho pochopenia myšlienkových pochodov žiakov.
- *grafické a konštrukčné úlohy* – ide o samostatnú skupinu úloh s otvorenou odpoveďou, ktoré sú dané graficky alebo konštrukčne. Od žiaka sa očakáva odpoveď v podobe opisu obrázka (Test II – položky č. 7, 8a, 8b), prípadne kreslenia, vytvorenia vlastného obrázka zodpovedajúceho zadaniu (Test I – položky č. 8, 10; Test II – č. 1).
- *doplňovacie úlohy* – žiak doplní slovo, číslo a pod., pričom správna je len jedna odpoveď (Test I – položky č. 10; Test II – č. 3).
- *priradovacie úlohy* – v týchto úlohách žiak podľa určitých kritérií spája navzájom pojmy, ktoré k sebe patria (Test I – položka č. 4).

Metódy a charakteristika výskumného súboru

Didaktický test (Test I, Test II) bol spolu so sprievodným listom zaslaný učiteľom biológie vybraných gymnázií na Slovensku. Komunikácia s učiteľmi prebiehala osobne, elektronicke a telefonicky. Zvolili sme dostupný výber respondentov. Do výskumu sa zapojilo osem slovenských gymnázií z nasledovných miest – Bratislava, Nitra, Nové mesto nad Váhom, Prievidza a Trenčín.

Obsahovú validitu testu posudzovali okrem dvoch stredoškolských učiteľov z praxe aj dvaja vysokoškolskí učitelia a vedeckí pracovníci z Katedry genetiky na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave. Pripomienky k formulácii niektorých testových položiek boli zapracované do finálnej podoby testu. Test sme najskôr

overili v rámci predvýskumu na súbore 20 žiakov vybranej školy (taktiež na báze dostupného výberu respondentov). Didaktický test bol administrovaný 116 žiakom 2., 3. a 4. ročníka štvorročných gymnázií a sexty, septimy, oktávy gymnázia s osemročným štúdiom (73 dievčat – 62,9 % a 43 chlapcov – 37,1 %). Výskum sme realizovali po sprístupnení učiva o bunkovom delení v období február – apríl 2021. Na riešenie testu boli potrebné 2 vyučovacie hodiny, ktoré neprebegli bezprostredne za sebou. Druhú časť testu (Test II) žiaci riešili na najbližšej hodine biológie. Na riešenie každej časti testu bol stanovený čas 45 minút. V prípade zhoršenej pandemickej situácie bol test zadaný v elektronickej podobe, žiaci tak test riešili v rámci online hodín biológie alebo samostatne v domácom prostredí.

Údaje získané administráciou testu sme vyhodnotili prostredníctvom kvantitatívnej a kvalitatívnej analýzy. Zisťovali sme celkovú úspešnosť riešenia testu, úspešnosť riešenia jednotlivých testových položiek žiakmi, obťažnosť a citlivosť testových položiek (Clauss a Ebner 1988, Rötling 1996, Demkanin a kol. 2015). Na spracovanie podkladov a údajov výskumu sme použili nasledovné programy a aplikácie: MS Office Excel, MS Word, RealStatistics, Google Chrome.

Výsledky

Ako sme už uviedli, test vlastnej konštrukcie sme rozdelili do dvoch logických celkov (Test I a Test II). Test I obsahoval 10 testových položiek (max. 34 bodov) a Test II obsahoval 9 testových položiek (max. 51 bodov). Spolu sme analyzovali 19 testových položiek (max. 85 bodov). Údaje, ktoré sme získali, sme podrobili štatistickej analýze – úspešnosť riešenia oboch testov; úspešnosť, obťažnosť a citlivosť všetkých testových položiek samostatne.

Z celkového počtu žiakov nášho výskumného súboru (116 respondentov) obe časti testu riešilo 108 žiakov, malá časť súboru riešila iba Test I (6 žiakov) alebo iba Test II (2 žiaci). Test I tak riešilo 114 žiakov a Test II riešilo 110 žiakov. Úspešnosť v riešení Testu I bola 53,29 % a v Teste II 39,65 %. Úspešnosť riešenia celého testu bola iba 46,47 %, čo nepredstavuje uspokojivý výsledok.

Testy sme podrobili aj položkovej analýze. Vypočítali sme úspešnosť riešenia jednotlivých úloh v oboch testoch na základe indexu úspešnosti I (%) a rovnako sme každej položke na základe úspešnosti stanovili index obťažnosti (P) a každú z úloh sme zaradili do príslušnej škály obťažnosti. Vypočítané merné charakteristiky uvádzame v Tab. 1.

Tab. 1 Úspešnosť, obťažnosť a citlivosť testových položiek (Test I, Test II)

číslo položky	TEST I			TEST II		
	I (%)	P	d	I (%)	P	d
1.	76,10	ľahká	0,268*	28,30	obťažná	0,480*
2.	32,46	obťažná	0,088	52,05	stredne obťažná	0,286*
3.	51,02	stredne obťažná	0,219	29,49	obťažná	0,206*
4.	46,71	stredne obťažná	0,013	26,06	obťažná	0,230*
5.	47,37	stredne obťažná	0,228	23,94	obťažná	0,176*
6.	35,09	obťažná	0,105	46,67	stredne obťažná	0,352*
7.	41,23	stredne obťažná	0,263*	34,85	obťažná	0,164
8.	43,86	stredne obťažná	0,456*	19,34	veľmi obťažná	0,208
9.	77,19	ľahká	0,199*	20,91	obťažná	0,091
10.	53,70	stredne obťažná	0,445*			

Legenda: I – index úspešnosti (v %)

P – index obťažnosti

d – diskriminačný koeficient (pre určenie citlivosti položiek)

* – položky, ktoré sú z hľadiska posúdenia citlivosti vyhovujúce

Konštatujeme, že nami skonštruovaný test obsahoval dve ľahké položky, osem stredne obtiažných, osem obtiažných a jednu veľmi obtiažnú položku (Tab. 1). Položky vyhovujúce z hľadiska citlivosti nám dostatočne odlišujú „lepších“ a „slabších“ žiakov vo výkonoch, ktoré preukázali riešením didaktického testu. Reliabilita testov dosiahla hodnoty *Cronbach's Alpha* = 0,497 (Test I) a *Cronbach's Alpha* = 0,645 (Test II).

Kvantitatívno-kvalitatívna analýza testových položiek – TEST I

ÚLOHA 1

Úloha bola zaradená do kategórie „ľahká“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 76,1 %.

Očakávanou odpoveďou v prvej časti úlohy 1a) bolo napr.: *v rozdelení materskej bunky a následný vznik dcérskych buniek; v prenose genetickej informácie zapísanej v DNA a uloženej na chromozómoch z materskej bunky na dcérske bunky.*

Keďže ide o otázku s voľnou tvorbou odpovede, všetky žiacke odpovede sme museli kategorizovať, pričom analýzou odpovedí vzniklo viac kategórií (takýto postup sa týka všetkých úloh kde žiaci tvorili odpoveď). Najčastejšou odpoveďou 1a) bolo: *rozdelenie materskej bunky a vznik dcérskych buniek* (uviedlo až 50,0 % opýtaných). 21,9 % žiakov špecifikovalo, že vznikajú dve materské bunky a 8,8 % žiakov sa vyjadrilo, že tieto dve dcérske bunky majú identickú genetickú výbavu ako mala materská bunka. Z odpovedí žiakov je zrejmé, že si často pojem bunkové delenie spájajú výlučne s mitózou. Neuvedomujú si, že aj meióza je jedným z typov bunkového delenia. Zo všetkých odpovedí len jeden žiak zohľadnil mitotické aj meiotické delenie.

Uvádzame ukážky mylných žiackych odpovedí: *„Bunkové delenie je druh nepohlavného rozmnožovania a spočíva v rozdeľovaní materskej bunky na dcérske.“; „Počas bunkového delenia sa bunka delí a tvorí repliku DNA.“; „Podstatou bunkového delenia je prenos genetickej informácie z materskej na dcérsku bunku. Tento proces prebieha vo všetkých telových bunkách.“; „Bunkové delenie je vlastne bunkový cyklus, pri ktorom sa materská bunka delí na dve dcérske bunky.“; „Pri mitóze vznikajú 2 identické dcérske bunky, pri meióze vznikajú 2 dcérske bunky s polovičným počtom chromozómov.*

V odpovediach žiakov pre 1b) sme zaznamenali, že žiaci väčšinou význam bunkového delenia neuvádzali komplexne, t.j. uviedli len vznik nových buniek. Podobne ako v úlohe 1a), aj tu žiaci často svoje odpovede vzťahovali výlučne k mitotickému deleniu, pričom na meiotické delenie zabúdali, alebo nevedeli, že s tým súvisí. Svoje odpovede vzťahovali ku vzniku telových buniek, k regenerácii, rastu a vývinu tkanív, orgánov, zriedkavo pletív. Vznik pohlavných buniek (meióza) uviedlo iba 6,1 % respondentov, napr. *„Meiózou vznikajú aj pohlavné bunky, vďaka nej je zabezpečená rôznorodosť a genetická variabilita“.* V riešeníach sa často objavovali odpovede, ktoré súviseli najmä s človekom a živočíchmi, žiaci písali o regenerácii tkanív, ale rastlinné pletivá sa v odpovedi nachádzali iba zriedkavo. Z toho sa dá usudzovať, že si pri bunkovom delení žiaci predstavujú častejšie ľudský alebo živočíšny organizmus (napr. *„regenerácia poškodených tkanív a orgánov“*). Pletivá vo svojej odpovedi spomenulo iba 6,1 % opýtaných, napr. *„rast a obnova tkanív, pletív a orgánov“.*

ÚLOHA 2

Úloha bola zaradená do kategórie „obtiažná“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 32,5 %, pričom šesť žiakov (5,3 %) neuviedlo žiadnu odpoveď. Cieľom úlohy bolo zistiť, ktoré príčiny zastavenia bunkového cyklu žiaci poznajú, prípadne či okrem príčin, ktoré sú bežne uvedené v učebniciach a učebných materiáloch, majú žiaci predstavu aj o iných, nie tak často uvádzaných príčinách. V učebniciach sa často uvádza len nedostatok živín, prípadne nevhodná teplota. V aktuálnej učebnici biológie (Višňovská a kol. 2012) sa napríklad píše, že bunkový cyklus a G₁ fáza sa pri nedostatku potravy zastavia v hlavnom kontrolnom uzle bunkového cyklu, pričom v hlavnom texte učebnice sa píše len o nedostatku, čo nie je z nášho pohľadu príliš vhodná formulácia. Ostatné nevhodné podmienky sú označené frázou *„iné nepriaznivé podmienky“* z čoho nie je jasné, o ktoré iné podmienky ide. Súčasťou doplnujúceho učiva sú uvedené nepriaznivé životné podmienky (nedostatok živín, nevhodná teplota, stres a pod.). Uvedenie stresu bez konkrétneho objasnenia pôsobí zmatečne, pretože žiaci bez vysvetlenia nevedia, čo si pod týmto pojmom môžu predstaviť.

Ako odpoveď žiaci najčastejšie uvádzali „*nehodné životné podmienky*“. 49,1 % respondentov uviedlo, že príčinou zastavenia bunkového cyklu sú nepriaznivé podmienky, pričom len 28,1 % (32 žiakov) tieto podmienky aj konkretizovalo. Za správnu odpoveď sme považovali len tie odpovede, kde boli správne uvedené konkrétne príklady nepriaznivých podmienok. Najčastejšie žiaci uvádzali „*nedostatok živín*“ (21,1 %), „*nehodnú teplotu*“ uviedlo 4,4 % opýtaných. Ojedinele sa objavili odpovede ako „*nedostatok kyselín*“, „*radioaktívne žiarenie*“, „*vystavenie karcinogénnym látkam a cigaretovému dymu*“ (1 žiak) „*Vírusové ochorenia*“ uviedlo 3,5 % opýtaných; rovnako 3,5 % žiakov uviedlo „*poškodenie DNA*“. Žiaci, ktorých odpovede sme uznali za nesprávne, uvádzali napríklad „*strata pohybu, neplodnosť, vznik nádorov, smrť jedinca, málo genetickej informácie, vek, nespavosť, nedostatok krvi a i.*“ Z odpovedí žiakov je možné usúdiť, že najčastejšie správne odpovede boli uvádzané v podobe „učebnicových poučiek“. Väčšinou žiaci odpovedali heslovite, aj keď sa niektorí žiaci pokúsili odpovedať celou vetou, no často bolo náročné pochopiť, čo mal žiak na mysli.

ÚLOHA 3

Úloha bola zaradená do kategórie „*stredne obtiažná*“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 51,0 %.

Očakávaná odpoveď: 3a) NIE 3b) napr.: „*Nie každá bunka prechádza z rastovej fázy do syntetickej fázy. Podmienkou vstupu do S-fázy je prechod kontrolným bodom G₁/S. Ak nie sú splnené podmienky pre prekonanie kontrolných bodov (checkpointov), bunka neprechádza do syntetickej fázy, ale prechádza do fázy G₀ (napr. poškodenie DNA, nedostatok živín a pod.); niektoré typy buniek sú celý život v G₀-fáze a nedelia sa (napr. neuróny)*“.

Správnu odpoveď NIE v prvej časti úlohy uviedlo 78,1 %, úlohu neriešilo 3,5 % žiakov. V druhej časti úlohy, kde mali respondenti uviesť vysvetlenie, sme zistili, že veľa žiakov odpovedalo na to, či sa bunky delia alebo nedelia. Replikáciu DNA preskočili alebo ju spomenuli len okrajovo. Taktiež z odpovedí vyplýva, že ak bunka prejde hlavným kontrolným uzlom, určite sa bude deliť. Z toho je možné usúdiť, že v predstavách žiakov sa každá bunka, ktorá prejde hlavným kontrolným uzlom v G₁-fáze bude deliť. O iných kontrolných bodoch žiaci neuvažovali. Aj v učebniciach je väčšinou uvedený iba hlavný kontrolný uzol a preto je pochopiteľné, že aj odpovede žiakov zohľadňujú práve tento pojem.

Uvádzame príklady vysvetlení v prípade, ak žiaci zvolili nesprávnu odpoveď 3a) ÁNO (18,4 % žiakov):

„*Áno vstupujú, pretože sa musí zdvojiť DNA aby z jednej bunky mohli byť dve*“; „*Pretože každá bunka musí zdvojiť genetický materiál predtým ako sa môže rozmnožovať*“; „*Musia lebo by nenastalo bunkové delenie*.“ Z odpovedí žiakov vyplýva, že všetky bunky sa musia deliť. Nepredpokladajú, že by sa bunka nerozdelila vplyvom určitých faktorov, ani neberú do úvahy bunky, ktoré sa nedelia vôbec.

„*Lebo všetky bunky musia rásť*“ – žiak má pravdepodobne mylnú predstavu, že delením bunky rastú. Delením buniek však vznikajú nové generácie buniek. Navyše nie každá bunka má schopnosť deliť sa. Napríklad nervové bunky zostávajú po celý svoj život v G₀-fáze a nedelia sa.

ÚLOHA 4

Úloha bola zaradená do kategórie „*stredne obtiažná*“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 46,7 %.

Očakávaná správna odpoveď: a – IV (49,1 % žiakov); c – II (61,4 %); b – I (34,2 %); d – III (41,2 %).

Cieľom úlohy bolo zistiť, do akej miery si žiaci uvedomujú, že bunka musí prejsť niekoľkými kontrolami predtým ako sa vôbec začne deliť. Zároveň sme chceli zistiť, či žiaci na základe ich vedomostí o jednotlivých fázach bunkového cyklu dokážu správne usúdiť, ktorá kontrola kde prebieha. Zo skúseností vieme, že zvyčajne sa žiakom sprístupní iba hlavný kontrolný uzol v G₁-fáze. Najväčší problém žiakom robilo priradenie správneho kontrolného deja k prechodu z G₂-fázy do M-fázy bunkového cyklu. Podobne ako v predchádzajúcom prípade sa žiaci zvyčajne o tomto kontrolnom bode neučia a zároveň samotnej G₂-fáze sa nevenuje príliš veľká pozornosť. Všetky kontrolné deje správne priradilo 30,7 % žiakov. 9,6 % opýtaných neuviedli ani jednu správnu dvojicu.

ÚLOHA 5

Úloha bola zaradená do kategórie „stredne obtiažná“. Úspešnosť riešenia kompletnej úlohy bola 47,4 %. Očakávaná odpoveď: 5a) somatické (telové), 5b) po celý život

Očakávané zdôvodnenie, napr.: *Bunky sa v ľudskom tele začínajú vyvíjať už počas vnútro maternicového vývinu. Tieto bunky sa následne diferencujú a vznikajú tkanivá, orgány a celé systavy. Aj pečene bunky vznikajú delením. Sú hlavnou stavebnou jednotkou pečene. Je dôležité, aby sa počas celého života obnovovali a nahradzali tak staré a poškodené bunky. Keď je to potrebné, napríklad pri strate časti pečenevého tkaniva, či už po chirurgickom zákroku alebo pôsobením toxických látok, bunky pečene sa začnú obnovovať. To vedie k takej úplnému nahradeniu pečenevého tkaniva.*

V prvej časti úlohy 5a) uviedlo správnu odpoveď až 90,4 % respondentov.

Cieľom úlohy bolo zistiť, či si žiaci uvedomujú dôležitosť bunkového delenia a zároveň overiť, či chápu význam a časové ohraničenie jednotlivých vývinových období človeka.

Z čiastočne správnych a mylných zdôvodnení uvádzame niekoľko príkladov:

„Väčšina buniek ľudského tela sa nachádza v G₀-fáze, kde sú diferencované na určitú funkciu, ďalej sa nedelia. No, aby vôbec mohol tento orgán (pečeň) vzniknúť, museli sa tieto bunky v tele matky deliť, vyvíjať. Keď sa dieťa narodí, podľa mňa sa už viac bunky nedelia, nepotrebuje sa pečeň ako orgán už viac vyvíjať, lebo ho už má, ale namiesto toho ostanú diferencované v tele.“ Žiak správne dôvodí, že rast a vývin pečene je podmienený bunkovým delením, no zároveň v jeho predstave sa pečenevé bunky neobnovujú a je možné, že teda ani staré bunky nezanikajú.

„Pečeň v dospelosti nerastie. Iba keď rastie telo.“ Z toho môžeme usúdiť, že žiaci dospelosť považujú za zlom, kedy telo prestáva rásť a ani pečenevé bunky sa už viac nemusia deliť ani obnovovať.

„Viem, že alkoholikom môže zlyhať pečeň a preto si myslím, že sa asi neobnovuje celý život, no nie som si istá.“ I keď títo žiaci majú pravdu, že pri vážnom poškodení sa pečeň zregenerovať sama nedokáže, zabúdajú, že nie každé poškodenie musí byť natoľko závažné. Bunky starnú a zanikajú. Po ich zaniknutí je potrebné ich nahradiť novými.

ÚLOHA 6

Úlohu riešilo 114 žiakov a bola zaradená do kategórie „obtiazna“. Úspešnosť riešenia úlohy žiakmi bola nízka, 35,09 %.

Očakávaná odpoveď: *Súčasťou bunkového cyklu je G₁-fáza, v ktorej sa nachádza hlavný kontrolný uzol. V prípade nepriaznivých podmienok, ako je napríklad nedostatok živín, kontrolný uzol zastaví bunkový cyklus. Bunka namiesto toho aby prešla do S-fázy (syntetická fáza) prechádza do fázy G₀ (pokojová fáza). Vo fáze G₀ zotrúva, kým nebude mať dostatok živín aby bunkový cyklus mohol pokračovať. V prípade, že je bunka príliš dlho vo fáze G₀, zaniká.*

Cieľom úlohy bolo zistiť, do akej miery majú žiaci získané vedomosti zvnútornené, teda nielen naučené ale predovšetkým pochopené a či ich vedú ďalej uplatniť pri riešení konkrétneho problému.

Uvádzame niekoľko príkladov čiastočne správnych a mylných odpovedí:

Niektorí žiaci aj keď bližšie neopísali čo sa pri nedostatku živín s bunkou deje, vedeli, že bunkový cyklus nebude pokračovať. Odpovede práve z tejto kategórie sa vyskytovali najčastejšie. Žiaci uvádzali, že sa bunkový cyklus zastaví (22,8 %) alebo že nebude prebiehať bunkové delenie (16,7 %). Niektorí žiaci uviedli, že sa zastaví priebeh interfázy (3,5 %) alebo, že bunka neprejde do ďalšej fázy (2,6 %). Dvaja žiaci sa vyjadrili nasledovne: *„Počas interfázy sa bunka nedelí, takže nepotrebuje ani živiny“*; *„V interfáze neprebíha delenie bunky a teda bunka dostatok živín nepotrebuje“*. Ide o mylnú predstavu žiakov, nakoľko bunka aj v tejto fáze živiny potrebuje, aby mohla prejsť do ďalšej fázy a následne sa rozdeliť.

ÚLOHA 7

Úloha patrí do kategórie „stredne obtiažná“ a „citlivá“. Jej úspešnosť riešenia žiakmi dosiahla hodnotu 41,2 %. 26 žiakov (22,8 %) však neuviedlo žiadnu odpoveď. Cieľom úlohy bolo zistiť, do akej miery žiaci porozumeli súvislostiam medzi nádorovými ochoreniami a regulačnými mechanizmami, čo si pod pojmom regulačné mechanizmy predstavujú a či sú schopní vlastnými slovami vysvetliť ako prebiehajú a čo môže spôsobiť ich zlyhanie.

Očakávaná odpoveď, napr.: *Nádorové ochorenia vznikajú nekoordinovaným delením buniek. Počas bunkového delenia v bunke prebiehajú prísne regulačné mechanizmy. Vznik každej bunky je prísne kontrolovaný a regulovaný množstvom obranných mechanizmov, ktoré prípadný vznik nádorovej bunky okamžite zastavia. Ak však tieto obranné mechanizmy zlyhajú, môže vzniknúť poškodená bunka, ktorá sa vymkne spod kontroly a začne sa nekoordinovane deliť. Tým vzniká väčšie a väčšie množstvo takýchto buniek, čo spôsobí vznik nádoru.*

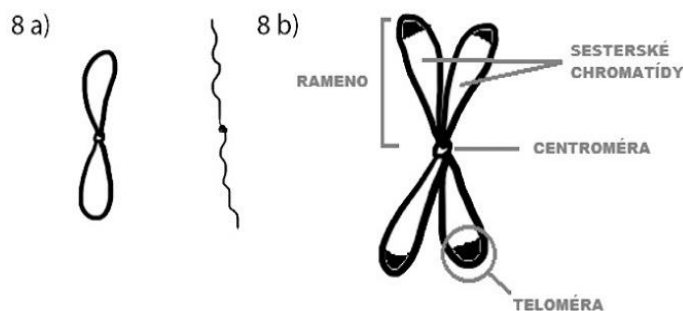
Z odpovedí žiakov je zrejmé, že si uvedomujú súvislosť medzi zlyhaním regulačných mechanizmov a vznikom nádorov. Taktiež je zrejmé, že žiaci majú z učebnice naučené poučky, ktoré potom reprodukovujú, no ich vedomosti sú len povrchné. Vedia, že zlyhanie regulácie spôsobuje vznik nádorov, vedia že nádorové bunky vznikajú nekontrolovateľným delením, no súvislosti im z veľkej časti unikajú.

Uvádžeme príklady vybraných odpovedí žiakov: Žiaci písali iba napr.: „poškodenie“, „ak sa rozdelia alebo nerozdelia vôbec vzniknú problémy“, „nadmerné tvorenie buniek“, „Regulačný mechanizmus je spomalený, prípadne zastavený vplyvom nádorového ochorenia.“ Podľa žiakov (5,3 %) majú nádorové ochorenia vplyv na priebeh regulačných mechanizmov a žiaci nepremýšľajú o tom, že vzniku nádorových ochorení predchádza zlyhanie regulácie.

„Pri oboch sa delia bunky, no pri nádorových ochoreniach zlyhá obranný mechanizmus a začnú sa deliť poškodené bunky a vzniká nádor“. Vo svojej odpovedi žiak vníma regulačné mechanizmy a nádorové ochorenia samostatne, pričom pri oboch dochádza k deleniu buniek s tým rozdielom, že pri regulačných mechanizmoch sa delia len zdravé bunky a pri nádorových len poškodené bunky. Pravdepodobne žiak regulačné mechanizmy nevníma len v rámci kontroly správneho delenia buniek, ale ako samostatný proces delenia buniek. Zároveň v odpovedi spomína obranný mechanizmus, ktorý nestotožňuje s regulačnými mechanizmami.

ÚLOHA 8

Úloha patrí do kategórie „stredne obtiažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia úlohy bola 43,9 %. Cieľom úlohy bolo zistiť, či žiaci poznajú rozdiel medzi chromozómami v G₁-fáze a v metafáze a či vedia, z ktorých častí chromozóm pozostáva. Úlohu sme vytvorili aj z dôvodu, že žiaci majú často problém schematicky znázorniť biologické objekty. Očakávanou odpoveďou na otázku 8a) bol náčrt (Obr. 1). 56 žiakov (49,1 %) úlohu neriešilo, teda vynechalo. 24,6 % žiakov, ktorí úlohu riešili, mali správnu odpoveď.



Obr. 1 Očakávaná odpoveď žiakov na úlohu č. 8

V čiastočne správnych alebo nesprávnych odpovediach žiaci uvádzali kresby, kde:

- *respondent nakreslil dešpiralizované vlákna DNA,*
- *namiesto jednochromatidového chromozómu žiaci kreslili dvojchromatidový – žiaci si pravdepodobne neuvedomili, že chromozómy v G₁-fáze ešte neprešli replikáciou DNA (5,3 % žiakov),*
- *žiaci namiesto chromozómu v G₁-fáze nakreslili schému celého bunkového cyklu (1,8 %).*

Očakávanou odpoveďou na otázku 8b bola kresba. Až 50 žiakov (43,86 %) ktorí test riešili, túto úlohu vynechalo.

Odpovedí, v ktorých žiaci správne nakreslili dvojchromatidový chromozóm, bolo 43 %, z čoho 6,1 % žiakov chromozóm nepopísalo. Žiaci na chromozóme najčastejšie opisovali centroméru (40,4 %), chromatídy (26,3 %) a ramená chromatíd (24,6 %). Teloméry v nákrese vyznačilo 8,8 % respondentov.

ÚLOHA 9

Úloha patrí do kategórie „lahká“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia úlohy bola 77,2 %. Cieľom úlohy bolo zistiť, či žiaci vedia prečo je dôležité aby sa DNA pred samotným delením zreplikovala a v ktorej fáze bunkového cyklu k tomu dochádza. Očakávaná odpoveď: *c – b*.

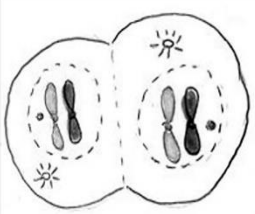
9 žiakov (7,9 %) neuviedlo žiadnu odpoveď. V prvej časti úlohy vybralo správnu odpoveď c) v S-fáze 86,8 % respondentov. Odpoveď a) si vybralo 2,6 %, odpoveď b) 2,6 % opýtaných. Z odpovedí vidno, že žiaci vedia, v ktorej fáze bunkového cyklu sa DNA replikuje. K tomu aby sme zistili, či žiaci aj rozumejú svojmu výberu odpovede, slúži druhá časť dvojúrovňovej úlohy, v ktorej žiaci svoju odpoveď zdôvodňujú. Na základe odpovedí žiakov sa ukázalo, že väčšina žiakov tomu skutočne rozumie, 71,9 % respondentov zvolilo správne zdôvodnenie. Z distraktorov bola najviac volená možnosť d) 9,6 %, možno práve preto, že zo všetkých možností je správne zdôvodneniu najbližšia.

ÚLOHA 10

Úloha č. 10 bola „stredne obtiažná“ a „citlivá“. Jej úspešnosť riešenia bola 53,7 %.

Cieľom úlohy bolo nielen zistiť do akej miery žiaci poznajú priebeh jednotlivých fáz mitotického a meiotického delenia, ale predovšetkým zistiť, či týmito fázam žiaci skutočne porozumeli. Zisťovali sme, či žiaci poznajú rozdiel medzi profázou mitotického a I. meiotického delenia, metafázou mitotického a I. meiotického delenia, a či žiaci vedia ako prebieha anafáza I. meiotického delenia. Zároveň nás zaujímalo, či žiaci vedia jednotlivé fázy rozlíšiť a správne priradiť na základe názvu fázy a prislúchajúceho delenia, na základe schémy fázy alebo opisu priebehu fázy. Zámerom bolo zistiť, či sú žiaci naučení opísať fázy len spamäti alebo im naozaj rozumejú.

Úloha bola zostavená formou tabuľky, v ktorej boli vyplnené políčka spolu s nevyplnenými. Do šedo sfarbených prázdnych políčok žiak dopĺňal údaje vo forme textu alebo schematického nákresu a to tak, aby všetky údaje v riadku boli správne doplnené. Prostredníctvom tabuľky žiaci riešili sedem riadkov, označených A – G. Ukážky jednotlivých častí tabuľky aj so vzorovými riešeniami mali žiaci k dispozícii. Uvádzame ukážky riešenia dvoch čiastkových úloh prislúchajúcich Úlohe 10 (Obr. 2, 3).

	nákres fázy	spôsob delenia	názov fázy	priebeh fázy (popis)
B		mitóza	telofáza	Bunka sa predlžuje, deliace vretienko sa rozpadá. Na oboch póloch vznikajú dcérske bunkové jadrá a okolo novovzniknutých dcérskych jadier sa vytvorí jadrový obal. Po vzniku nových jadier sa chromozómy dešpiralizujú a vytvorí sa jadierko. Vznikom nových jadier je ukončený proces karyokinézy a nasleduje rozdelenie bunky – cytokinéza.

Obr. 2 Ukážka riešenia čiastkovej úlohy 10B (informácie v šedom políčku dopĺňa žiak)

	nákres fázy	spôsob delenia	názov fázy	priebeh fázy (popis)
D		I. meiotické delenie	anafáza	Sesterské chromatídy zdvojeného chromozómu zostávajú spojené a celé dvojchromatidové chromozómy sú priťahované vláknami deliaceho vretienka k opačným pólom bunky.

Obr. 3 Ukážka riešenia čiastkovej úlohy 10D (informácie v šedých políčkach dopĺňa žiak)

Na základe analýzy odpovedí žiakov usudzujeme, že títo majú problém schematicky zakresľovať jednotlivé fázy meiotického delenia. Vo svojich kresbách často vynechali crossing-over, čo môže znamenať, že žiakom počas delenia bunky nepripadá crossing-over podstatný alebo naň jednoducho zabúdajú. Žiaci mali problém s jednou čiastkovou úlohou, v ktorej nevedeli správne určiť, ktorý typ bunkového delenia je znázornený na obrázku. Aj tu sa ukázalo, že žiaci pravdepodobne procesu crossing-over nevenujú dostatočnú pozornosť. Najväčší problém žiakom však robila čiastková úloha, v ktorej mali na základe obrázka zistiť, o aký typ delenia a ktorú fázu ide. Typ delenia žiaci často uviedli nesprávne, z čoho je zrejmé, že si mýlia I. a II. meiotické delenie. Zároveň sa ukázalo, že žiaci si často zamieňajú anafázu a telofázu bunkového delenia a tiež profázu s metafázou.

Najmenší problém žiakom robili časti úlohy, v ktorých mali opísať priebeh fázy, pričom mali uvedený typ delenia a konkrétnu fázu. Ukázalo sa, že veľa žiakov pozná priebeh fáz na základe názvu, no ak dostanú opis, prípadne len obrázok, z jednoduchej úlohy sa pre nich stáva úloha náročná. Pritom sa len na tú istú vec pýtame z iného pohľadu, ktorý je pre žiakov neštandardný a preto zrejme aj náročný. Ak by žiaci mali učivo nielen naučené, ale aj pochopené, s podobnými úlohami by problém pravdepodobne nemali.

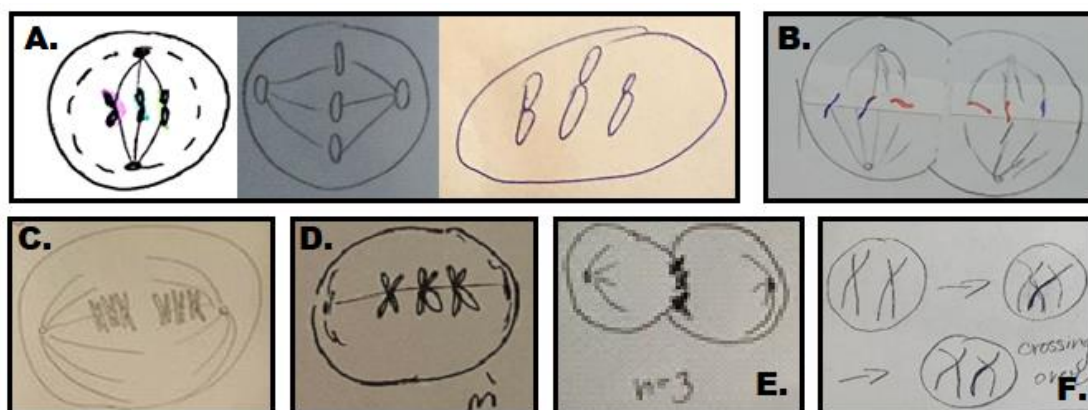
Kvantitatívno-kvalitatívna analýza testových položiek –TEST II

ÚLOHA 1

Úloha bola zaradená do kategórie „obťažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 28,3 %.

Úloha mala niekoľko cieľov – zistiť, či žiaci vedia schematicky nakresliť bunky v jednotlivých fázach bunkového cyklu; zistiť, do akej miery si žiaci uvedomujú rozdiel medzi haploidnou a diploidnou bunkou; zistiť, či si žiaci uvedomujú rozdiel medzi chromozómami pred S-fázou a po S-fáze, t.j. či vedia, že sa v syntetickej fáze replikuje DNA.

1A – úlohu nevyriešilo až 56,4 % žiakov (vynechali alebo napísali že to vyriešiť nevedia). Za správne riešenia sme považovali odpovede od 32,7 % opýtaných. Títo žiaci vo svojich kresbách nakreslili tri dvojchromatidové chromozómy v ekvatoriálnej rovine a správne vyznačili mitotický aparát. Za správne riešenia sme považovali aj odpovede žiakov, ktorí vo svojich kresbách chromozómov nevyznačili proces crossing-over, ktorý prebehol v I. meiotickom delení, nakoľko to nebolo cieľom úlohy. Crossing-over vo svojich kresbách vyznačilo 19 žiakov (17,3 %). Za čiastočne správne sme považovali odpovede 2,7 % žiakov, ktorí nakreslili bunku s tromi dvojchromatidovými chromozómami v jednej rovine. Žiaci však na obrázku nevyznačili mitotický aparát ani ekvatoriálnu rovinu. Na Obr. 4 uvádzame žiacke miskoncepce (A – žiaci nakreslili jednochromatidové chromozómy namiesto dvojchromatidových; B – žiak nakreslil už takmer rozdelenú bunku, obe s jednochromatidovými chromozómami; C – žiak nakreslil 6 chromozómov namiesto troch a zároveň chromozómy nakreslil v rovine kolmej na ekvatoriálnu rovinu; D – žiak nakreslil chromozómy v rovine kolmej na ekvatoriálnu rovinu; E – žiak nakreslil už takmer rozdelenú bunku v metafáze, v tejto časti bunkového delenia sa však bunka celá ešte nedelí; F – žiak namiesto bunky v metafáze II. meiotického delenia znázornil priebeh procesu crossing-over, ktorý však v tejto fáze bunkového delenia neprebíha.

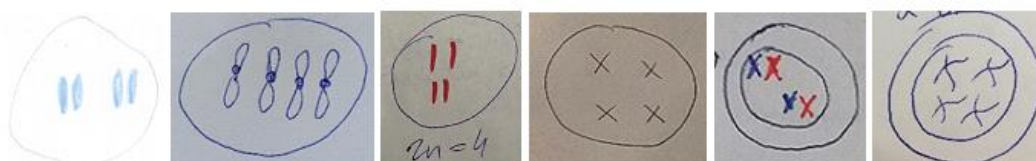


Obr. 4 Žiacka kresba – miskoncepcie (úloha 1A)

1B – očakávaným riešením bolo: diploidnú bunku s tromi chromozómami nie je možné nakresliť, nakoľko diploidná bunka musí mať vždy párny počet chromozómov (dve chromozómové sady). Traja žiaci (2,7 %) porozumeli, v čom je rozdiel medzi haploidnou a diploidnou bunkou, úlohu vyriešili správne. 61 žiakov (55,5 %) nevedelo úlohu vyriešiť (nenapísali nič alebo sa vyjadrili že túto úlohu riešiť nevedia). 5,7 % žiakov nakreslilo bunku so šiestimi chromozómami v anafáze. Títo žiaci však svoju kresbu nezdôvodnili. 39,1 % nakreslili bunku s tromi chromozómami v anafáze nakreslili – títo žiaci si neuvedomujú rozdiel medzi haploidnou a diploidnou bunkou a zároveň je možné, že pojmom haploidná a diploidná bunka vôbec nerozumejú.

1C – 40,9 % žiakov vyriešilo úlohu správne. 62 žiakov (56,4 %) nevedelo úlohu vyriešiť (nenapísali nič alebo sa vyjadrili že túto úlohu riešiť nevedia). 2,7 % žiakov nakreslilo namiesto jednochromatidových chromozómov dvojchromatidové. Títo žiaci si pravdepodobne neuvedomili, že bunka pred syntetickou fázou ešte nemá zreplikovanú DNA.

1D – 33,6 % žiakov úlohu vyriešilo správne. Zo žiackych riešení je zrejmé, že si uvedomujú, že v syntetickej fáze bunkového cyklu sa genetický materiál replikuje a z jednochromatidových chromozómov sa stávajú dvojchromatidové chromozómy. 13 žiakov (11,8 %) procesu replikácie prebiehajúcej v S-fáze bunkového cyklu rozumie tak, že sa zdvojnásobí počet chromozómov. Z toho 5 žiakov (4,5 %) dokonca uviedlo nielen, že sa zdvojnásobili počet chromozómov, ale nakreslili aj dvojchromatidové chromozómy. 61 žiakov (55,5 %) nevedelo úlohu vyriešiť. Na Obr. 5 uvádzame nami identifikované žiacke miskoncepce.



Obr. 5 Žiacka kresba – miskoncepce (Úloha 1D)

ÚLOHA 2

Úloha bola zaradená do kategórie „stredne obtiažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 52,1 %.

Cieľom úlohy bolo zistiť, či žiaci poznajú pravdivosť jednotlivých tvrdení a či vedú vhodne argumentovať a zdôvodňovať.

2A – očakávaným riešením bolo: P (pravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo až 108 žiakov (98,2 %). Zdôvodnenie neuviedlo 30 žiakov (27,3 %).

V tejto úlohe sme zistili tieto miskoncepcie: „Mitóza je nepohlavné rozmnožovanie“; „Počet chromozómov v materskej bunke sa zdvojnásobí a po oddelení majú bunky rovnaký počet chromozómov“; „Keďže v S-fáze došlo k zdvojeniu genetického materiálu z $2n$ na $4n$ potom každá dcérska bunka obsahuje $2n$. Čiže dokopy dajú obe ten počet chromozómov ktoré mala materská bunka.“

2B – očakávaným riešením bolo: P (pravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 80 žiakov (72,7 %), z toho 17,3 % neuviedlo žiadne zdôvodnenie. Tvrdenie považovalo za nepravdivé 25 žiakov (22,7 %), z toho 8 žiakov neuviedlo žiadne zdôvodnenie. 5 žiakov (4,5 %) neuviedlo žiadnu odpoveď. V tejto úlohe sme zistili tieto miskoncepcie: „Pri meióze sa delia gaméty a tie musia mať polovičný počet chromozómov ako materská bunka.“; „Meiotické delenie je pohlavné.“

2C – očakávaným riešením bolo: P (pravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 91 žiakov (82,7 %), z toho 28 respondentov neuviedlo zdôvodnenie. 4 žiaci (3,6 %) neuviedli žiadnu odpoveď a tvrdenie považovalo za nepravdivé 15 žiakov (13,6 %), z toho 10 žiakov neuviedlo žiadne zdôvodnenie. V tejto úlohe sme zistili tieto miskoncepcie: „Výsledkom meiózy nie sú 4 bunky ale len 2“; „Meióza je pohlavné delenie“; „Každá bunka má dva chromozómy“; „Všetky novovzniknuté bunky sú totožné“.

Kvôli priestorovému obmedzeniu príspevku výsledky zvyšných čiastkových otázok Úlohy 2 zredukujeme:

2D – očakávaným riešením bolo: P (pravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 90 žiakov (81,8 %). 2 žiaci (1,8 %) neuviedli žiadnu odpoveď a tvrdenie považovalo za nepravdivé 18 žiakov (16,4 %).

V tejto úlohe sme zistili tieto miskoncepcie: „Interfáza je pokojová fáza“; „V interfáze sa nič nedeje“; „Interfáza nie je mitóza, ale je jej súčasťou“.

2E – očakávaným riešením bolo: P (pravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 98 žiakov (89,1 %). 4 žiaci (3,6 %) neuviedli žiadnu odpoveď a tvrdenie považovalo za nepravdivé 8 žiakov (7,3 %). V tejto úlohe sme zistili tieto miskoncepcie: „Meiózou sa delia pohlavné bunky“.

2F – očakávaným riešením bolo: N (nepravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 90 žiakov (81,8 %). 4 žiaci (3,6 %) neuviedli žiadnu odpoveď a tvrdenie považovalo za pravdivé 16 žiakov (14,5 %). Len 1 žiak (0,9 %), ktorí označil tvrdenie za nepravdivé uviedol svoje zdôvodnenie: „Čím viac buniek, tým väčší organizmus“. Týmto zdôvodnením si však protirečí s tvrdením, že rast organizmu je príčinou zväčšovania buniek.

2G – očakávaným riešením bolo: N (nepravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 95 žiakov (86,4 %). 3 žiaci (2,7 %) neuviedli žiadnu odpoveď a tvrdenie považovalo za pravdivé 12 žiakov (10,9 %).

2H – očakávaným riešením bolo: N (nepravdivé tvrdenie). O pravdivosti tvrdenia správne rozhodlo 88 žiakov (80 %). 5 žiakov (4,5 %) svoju odpoveď neuviedlo vôbec a tvrdenie považovalo za pravdivé 17 žiakov (15,5 %).

ÚLOHA 3

Úloha bola zaradená do kategórie „obťažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 29,5 %.

Cieľom úlohy bolo zistiť, či si žiaci uvedomujú rozdiel v delení rôznych typov buniek. Zároveň nás zaujímalo, či žiaci vedia, že nie všetky bunky prechádzajú bunkovým delením. Analýzou žiackych odpovedí sme zistili, že žiaci mali s touto úlohou veľké problémy. I keď žiaci vedia, že somatické bunky sa delia mitotickým delením, neuvedomujú si, že nie všetky typy telových buniek sa musia deliť. Niektoré bunky vstupujú do G₀-fázy, v ktorej pretrvávajú celý život, ako napríklad nervové bunky (t.j. neuróny). Svalové bunky (t.j. svalové vlákna) nemajú schopnosť deliť sa, dokážu len do určitej miery zväčšiť svoju hmotu.

Pri pohlavných bunkách žiaci najčastejšie odpovedali, že sa delia meioticky. Väčšina žiakov vie, že pohlavné bunky vznikajú redukčným delením (meiózou), domnievajú sa však, že tieto bunky nielen vznikajú meiózou, ale sa meiózou aj delia. Zaujímavým zistením bolo aj to, že niektorí žiaci uviedli pri pohlavných bunkách, vajčkách a spermách rôzne spôsoby delenia, akoby tieto bunky považovali za rôzne typy a zároveň rozlišujú medzi pojmi „pohlavné bunky“ a „vajčka a spermie“.

Podobne pri bunkách prokaryotických a bakteriálnych sa ukázalo, že niektorí žiaci bakteriálne bunky nepovažujú za prokaryotické, nakoľko pri bakteriálnych bunkách až 60 žiakov (54,5 %) uviedlo ako spôsob delenia amitózu alebo priečne delenie a pri prokaryotických sa väčšina žiakov priklonila k mitotickému deleniu. I keď to nebolo hlavným cieľom, z odpovedí žiakov je zrejmé, že nedokážu prepájať svoje vedomosti. Napríklad sa naučia niečo o bakteriálnej bunke, niečo o prokaryotickej, ale tieto poznatky si nevedia dať do vzájomnej súvislosti.

ÚLOHA 4

Úloha bola zaradená do kategórie „obťažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 26,1 %.

Jedným z cieľov úlohy bolo zistiť, či žiaci vedia, či je bunka počas profázy I. meiotického delenia diploidná alebo haploidná a či sú chromozómy jedno- alebo dvojchromatidové. Zároveň sme chceli zistiť, či žiaci vedia svoj výber odpovede zdôvodniť.

Očakávanou odpoveďou bolo: C (je bunka diploidná s dvojchromatidovými chromozómami). Očakávaným zdôvodnením bolo napríklad: *Materská bunka, ktorá vstupuje do bunkového delenia je vždy diploidná, čo znamená, že má párny počet chromozómov (má 2 chromozómové sady). Predtým ako bunka vstúpi do bunkového delenia, zdvojnásobí svoju DNA a tým sa z jednochromatidových chromozómov stávajú dvojchromatidové chromozómy. V anafáze I. meiotického delenia sa celé chromozómy rovnomerne rozdelia a sú priťahované k opačným pólom bunky. Ak by bunka nemala párny počet chromozómov, nebolo by toto rovnomerné rozdelenie možné.*

V prvej časti úlohy, pri výbere z možností, uviedlo správnu odpoveď 74 žiakov (67,3 %). Distraktory boli žiakmi volené nasledovne: A (5,5 %), B (8,2 %), D (6,4 %), 12,7 % neuviedlo žiadnu odpoveď.

Z tých, ktorí uviedli správnu odpoveď C, až 30,9 % neuviedlo zdôvodnenie.

V tejto úlohe sme zistili možné miskoncepce: „Homologické chromozómy sa spárovali, preto vznikli dvojchromatidové chromozómy“; „Dochádza k procesu crossing over a párujú sa homologické chromozómy – vznikajú dvojchromatidové“.

Vo svojom zdôvodnení prečo sú chromozómy dvojchromatidové 6 žiakov uviedlo, že je to spôsobené párovaním homologických chromozómov pri procese crossing-over. Dvojchromatidové chromozómy však vznikajú v dôsledku replikácie DNA v S-fáze bunkového cyklu.

ÚLOHA 5

Úloha bola zaradená do kategórie „obťažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 23,9 %.

Cieľom úlohy bolo zistiť, či žiaci vedia, či sú chromozómy v dcérskych bunkách po skončení mitotického delenia jedno alebo dvojchromatidové a zároveň, či rozumejú procesom, ktoré sú za to zodpovedné. Očakávanou odpoveďou bolo: A (jednochromatidové)

Očakávaným zdôvodnením bolo napríklad: *Pred vstupom do bunkového delenia sa v bunke zdvojnásobí genetická informácia a z jednochromatidových chromozómov sa stávajú dvojchromatidové chromozómy. V anafáze bunkového delenia sa tieto dvojchromatidové chromozómy presne rozdelia a sesterské chromatídy sú priťahované k opačným pólom bunky. Stávajú sa z nich dcérske chromozómy. Po rozdelení bunky teda vznikajú dve dcérske bunky s jednochromatidovými chromozómami.*

V prvej časti úlohy uviedlo správnu odpoveď 45 žiakov (40,9 %), z toho 11 žiakov neuviedlo žiadne zdôvodnenie. Odpoveď B (dvojchromatidové) zvolilo 58 žiakov (52,7 %), z nich 18 neuviedlo žiadne zdôvodnenie; 7 žiakov (6,4 %) úlohu neriešilo.

V tejto úlohe sme zistili miskoncepce: „Na konci mitózy sú chromozómy jednochromatidové preto, že počas metafázy sa chromozómy rozdelia na 2 chromatídy“; „V telofáze sa chromozómy rozdelia na 2 chromatídy a putujú k opačným pólom bunky.“

ÚLOHA 6

Úloha bola zaradená do kategórie „stredne obtiažná“ a „citlivá“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 46,7 %.

Cieľom úlohy bolo zistiť nielen či žiaci vedia, čo je výsledkom II. meiotického delenia, ale tiež či vedia, ktoré procesy vedú k vzniku štyroch buniek a prečo majú tieto bunky polovičný počet chromozómov. Očakávanou odpoveďou bolo: C (sú štyri haploidné dcérske bunky)

Očakávaným zdôvodnením bolo napríklad: *Meióza prebieha v dvoch po sebe nasledujúcich deleniach. Na začiatku meiotického delenia majú bunky diploidný počet chromozómov (2 chromozómové sady). Počas I. meiotického delenia dochádza k redukcii počtu chromozómov na polovicu. Celé chromozómy sa rovnomerne rozdelia do dvoch dcérskych buniek, ktoré sú haploidné (1 chromozómová sada). Počas druhého meiotického delenia sa tieto dve bunky opäť rozdelia a vzniknú tak štyri dcérske bunky, z ktorých každá má 1 chromozómovú sadu (haploidné bunky).*

V prvej časti úlohy odpovedalo správne – zvolilo možnosť C (štyri haploidné dcérske bunky) 94 žiakov (85,5 %). Z toho 27 žiakov (24,5 %) neuviedlo žiadne zdôvodnenie. Ostatné distraktory volili žiaci nasledovne: A (dve haploidné dcérske bunky) 4 žiaci (3,6 %), z čoho 3 žiaci neuviedli svoje zdôvodnenie; B (sú dve diploidné dcérske bunky) zvolili 3 žiaci (2,7 %), z ktorých 1 žiak zdôvodnenie neuviedol a 2 žiaci (1,8 %) argumentovali tým, že „na konci delenia sa musí zachovať zhoda s materskou bunkou“. Je teda zrejmé, že títo žiaci nerozumejú princípu ani významu meiotického delenia. Odpoveď D (štyri diploidné dcérske bunky) zvolili 4 žiaci (3,6 %), z ktorých ani jeden žiak neuviedol zdôvodnenie.

ÚLOHA 7

Úloha bola zaradená do kategórie „obtiažná“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 34,9 %.

Úloha pozostáva z dvoch častí. Cieľom prvej časti úlohy bolo zistiť, či žiaci rozumejú genetickému zápisu a vedia čo vyjadruje. V druhej časti úlohy bolo cieľom zistiť, či žiaci vedia vysvetliť a teda rozumejú princípu mitózy, čo je pre toto delenie kľúčové, nakoľko sa často v rámci sprístupňovania učiva venuje pozornosť skôr výsledku delenia a popisu jednotlivých fáz.

V úlohe 7a) správne odpovedalo 12 žiakov (10,9 %). Žiaci správne uviedli, že zápis predstavuje diploidnú bunku s dvoma chromozómami. Čiastočne správnu odpoveď uviedlo 48 žiakov (43,6 %). Správne vysvetlili že ide o diploidnú bunku, ktorá má dve chromozómové sady, no už nenapísali, že bunka obsahuje 2 chromozómy. Predpokladáme preto, že žiaci nerozumejú, že číslo 2 za znamienkom „rovná sa“ znamená, že ide o 2 chromozómy a možno sa domnievajú, že toto číslo predstavuje 2 sady chromozómov. Je však tiež možné, že toto číslo v genetickom zápise nepovažujú za dôležité. 24 žiakov (21,8 %) úlohu úplne vynechalo a zvyšných 26 žiakov uvádzalo odpovede, ktoré nebolo možné považovať za správne, ako napríklad: „ide o základný princíp mitózy“; „predstavuje to fakt, že z jednej materskej bunky vzniknú dve dcérske bunky“; „predstavuje zdvojenie“ a i.

V tejto úlohe sme zistili možné miskoncepce: „Genetický zápis predstavuje aký počet dcérskych buniek vznikne – $2n = 2$ – vzniknú 2 diploidné bunky.“; „Genetický zápis predstavuje počet buniek.“; „ $2n$ znamená, že bunka zdvojila svoj genetický materiál a z jednochromatidového chromozómu vznikne dvojchromatidový chromozóm.“; Na základe odpovedí žiakov sa ukázalo, že si často zamieňajú pojmy chromozóm a chromatída, napr. „jednochromatidová chromatída“; „dve chromatidové sady“.

V úlohe 7b) správne odpovedalo 18 žiakov (16,4 %). uviedli, že „princíp mitózy spočíva v presnom rozdelení genetickej informácie do dcérskych buniek, kedy sa genetická informácia zreplikovala a počet chromozómov v dcérskych bunkách zostáva rovnaký ako počet chromozómov v materskej bunke“. Čiastočne správnu odpoveď uviedlo 43 žiakov (39,1 %). Uviedli, že princípom mitózy je „vznik dcérskych buniek identických s materskou bunkou“. Úlohu nevyriešilo 12 žiakov. Zvyšných 37 odpovedí žiakov (33,6 %) nebolo možné uznať za správne ani čiastočne správne. Žiaci uvádzali odpovede ako napríklad: „z jednej materskej bunky vzniknú 2 nové bunky“; „je to bunkové delenie typické pre eukaryotické organizmy“; „vznikajú tak somatické bunky“; „ide o spôsob rozmnožovania buniek“.



V tejto úlohe sme zistili možné miskoncepcie: „Princípom mitózy je redukcia genetickej informácie“. Na základe odpovedí 5 žiakov (4,5 %) dochádza pri mitóze k redukcii genetického materiálu. Je teda pravdepodobné, že si žiaci zamieňajú mitotické delenie s meiotickým.

„Pri mitóze sa delia haploidné alebo diploidné bunky a vznikajú dve rovnaké dcérske bunky“. Túto odpoveď uviedlo 7 žiakov (6,4 %). Do mitotického delenia vstupujú vždy diploidné bunky. Zdrojom tejto miskoncepcie môže byť napríklad časté prirovnávanie II. meiotického delenia k mitóze, nakoľko sú tieto delenia podobné, no do II. meiotického delenia vstupujú bunky haploidné.

„Počas mitotického delenia sa rozmnožujú chromozómy“. Túto odpoveď uviedlo 5 žiakov. Na základe ich odpovede predpokladáme, že žiaci nerozlišujú pojmy „replikácia“ a „rozmnožovanie“. Pri mitotickom delení sa zdvojuje genetický materiál a z jednochromatidových chromozómov sa stávajú dvojchromatidové. Počet chromozómov sa však nemení.

ÚLOHA 8

Úloha bola zaradená do kategórie „veľmi obtiažná“. Úspešnosť riešenia žiakmi bola 19,3 %.

Úloha č. 8 pozostáva z troch častí. Cieľom prvej časti úlohy bolo zistiť, či žiaci vedia na základe schémy určiť výsledok I. a II. meiotického delenia. Cieľom druhej časti bolo zistiť, či žiaci vedia využívať genetický zápis a overiť, či mu skutočne rozumejú. Cieľom tretej časti úlohy bolo zistiť, či žiaci vedia v čom spočíva hlavný rozdiel medzi jednotlivými meiotickými deleniami.

8a) Očakávanou odpoveďou bolo: D – I. meiotické delenie; E. – II. meiotické delenie.

Správnu odpoveď uviedlo iba 5 žiakov (4,5 %). Čiastočne správne odpovedalo 8 žiakov (7,3 %), pričom títo žiaci správne uviedli, že výsledok II. meiotického delenia je na obrázku označený písmenom E, no pri I. meiotickom delení označili ako výsledok delenia písmeno C. Úlohu vynechalo až 27 žiakov (24,5 %). 24 žiakov (21,8 %) označilo ako výsledok I. meiotického delenia C a výsledok II. meiotického delenia D. 46 žiakov (41,8 %) uviedlo čo je výsledkom oboch delení, no neuviedli, ktorá časť schémy tieto výsledky predstavuje. Na základe odpovedí môžeme usúdiť, že väčšina žiakov robí problém orientovať sa v schéme, i keď vedia čo je výsledkom oboch delení, čo sa potvrdilo aj v úlohe 2a) – c) v Teste II.

8b) Očakávanou odpoveďou bolo:

$$A - 2n = 2; \quad B - 2n = 2; \quad C - 2n = 2; \quad D - n = 1; \quad E - n = 1$$

Táto úloha robila žiakom značné problémy. Úlohu správne vyriešil len 1 žiak (0,9 %). 13 žiakov (11,8 %) uviedlo správne A – D a 14 žiakov (12,7 %) uviedlo správne A – C. Na základe odpovedí žiakov sa ukázalo, že genetický zápis nevedia používať a nerozumejú mu, čím sa potvrdili aj výsledky z úlohy 7a) v Teste II. Veľa žiakov pri časti D a E uviedlo rovnakú odpoveď (napriek tomu že boli z rôznych škôl). V časti D žiaci často uvádzali $n = 2$ a v časti E uvádzali $n = 4$. Z toho vyplýva, že žiaci nevedia čo predstavuje číslo za znakom rovnosti. Pravdepodobne si myslia, že ide o počet buniek, ktoré vzniknú a nie počet chromozómov, ktoré bunka obsahuje.

8c) Očakávanou odpoveďou bolo: Hlavný rozdiel medzi deleniami je v anafáze I. a II. delenia. V I. meiotickom delení prebehne redukcia genetického materiálu, pričom sa rozchádzajú k opačným pólom celé chromozómy a výsledkom je vznik dvoch dcérskych buniek s polovičným počtom chromozómov. V II. meiotickom delení sa genetická informácia rovnomerne rozdelí, teda chromozómy sa rozdelia v mieste centroméry, sesterské chromatídy sa rozchádzajú k opačným pólom bunky a výsledkom je vznik štyroch haploidných buniek.

Správnu odpoveď uviedlo 13 žiakov (11,8 %), pričom títo žiaci správne vysvetlili, že počas I. meiotického delenia dochádza k redukcii počtu chromozómov na polovicu a počas II. meiotického delenia sa genetická informácia rovnomerne rozdelí do dvoch buniek. 5 žiakov (4,5 %) odpovedalo čiastočne správne. Títo žiaci správne uviedli, že pri I. meiotickom delení dochádza k redukcii počtu chromozómov, no pri II. delení uviedli len, že vznikajú štyri nové bunky. Preto sme túto odpoveď uznali len za čiastočne správnu, chýbalo presnejšie vysvetlenie. Až 45 žiakov (40,9 %) neuviedlo žiadnu odpoveď. Z odpovedí žiakov je zrejmé, že si zásadné

rozdiely medzi týmito deleniami neuvedomujú a vedomosti nadobudnuté učením pravdepodobne nevedia dostatočne využívať.

ÚLOHA 9

Cieľom úlohy bolo zistiť či žiaci rozumejú aký význam má proces crossing-over a prečo je tento proces dôležitý. Očakávanou odpoveďou bolo napríklad:

Významom procesu crossing-over je genetická rôznorodosť (variabilita). Umožňuje vznik nových kombinácií alel. Zabezpečuje genetickú odlišnosť gamét, ktoré vznikajú počas meiotického delenia.

23 žiakov (20,9 %) správne uviedlo význam tohto procesu. 80 žiakov (72,7 %) namiesto významu opísali priebeh procesu, preto sme odpovede za správne neuznali napriek tomu, že priebeh popísali zväčša správne. Uvádzame ukážky správnych odpovedí žiakov: „Tento proces zabezpečuje ešte väčšiu rôznorodosť genetickej informácie ďalším generáciám jedincov, čo zabezpečuje aj vyššiu schopnosť druhu k prežitiu“; „Crossing-over je miešanie genetického materiálu, čo zabezpečuje rôznorodosť buniek, a teda nová (dcérska) bunka sa líši genotypom od materskej“; „Spôsobuje miešanie genetickej informácie aby jedince neboli rovnaké“; „Je to zdroj genetickej variability“; „ide o rekombináciu DNA, vymenia sa úseky na chromozómoch, aby nastala väčšia variabilita a neboli bunky identické“.

Diskusia a záver

Napriek tomu, že sme odhalili rôzne žiacke miskoncepce, prevažná časť našich zistení sa týka nepochopenia učiva žiakmi a častou reprodukciou naučených poučiek. Okrem toho sa ukázalo, že aj žiaci s lepšími vedomosťami mali problém svoje myšlienky sformulovať do súvislých zrozumiteľných odpovedí. Príčinou toho môže byť, že žiaci nie sú na vyučovaní nútení zdôvodňovať. To sa ukázalo predovšetkým v úlohách, v ktorých mali žiaci rozhodnúť o pravdivosti tvrdenia alebo vybrať odpoveď z možností a následne svoje rozhodnutie či výber zdôvodniť. V takýchto úlohách žiaci väčšinou odpovedali správne, no dostatočne zdôvodniť svoju odpoveď nedokázali. Často sme sa v odpovediach žiakov stretávali so zamieňaním si pojmov. V rámci bunkového cyklu žiakom robili problém pojmy G_1 a G_0 -fáza. Len malý počet žiakov si uvedomilo, že niektoré bunky sa nedelia a uviedli ako príklad nervové bunky. Keď sme sa však v inej otázke spýtali, akým spôsobom sa nervové bunky delia, žiaci neuviedli správnu odpoveď. Z toho vyplýva, že vedomosti žiakov sú izolované a nedokážu ich použiť vo vzájomných súvislostiach. K podobným výsledkom dospeli autori Nagyová a kol. (2018), ktorí za pomoci pojmového mapovania zistili u žiakov gymnázia problémy s určením logickej hierarchie nadradených a podradených pojmov, rovnako aj problémy s detailnejším popisom spojení medzi pojmi, ktorý je v genetike pre hlbšie porozumenie nevyhnutný.

Niektorí žiaci si bunkový cyklus stotožňovali s mitózou a nevnímali tento proces len ako súčasť bunkového cyklu. Pojmy bunkový cyklus a bunkové delenie boli tiež často používané ako synonymá. Bunkové delenie žiaci vnímali predovšetkým na úrovni ľudského organizmu.

Ďalším zistením bolo, že žiaci si uvedomujú nutnosť priebehu bunkového delenia, že musí prebiehať celý život, no začiatok života vnímajú často až po narodení, vnútro maternicový vývin do úvahy neberú.

Zistili sme tiež, že žiaci sú naučení opísať priebeh meiotického delenia a priebeh mitotického delenia, no ich princípu ani podstate nerozumejú. Nedokážu ich medzi sebou dostatočne porovnať, druhé meiotické delenie vnímajú ako mitózu, proces crossing-over nevnímajú ako dôležitý a často si neuvedomujú význam replikácie DNA. Majú problém rozlišovať medzi haploidnou a diploidnou bunkou, čo sa potvrdilo predovšetkým v úlohách kde žiaci mali vytvoriť kresbu. Úlohy, v ktorých produktom bola kresba, boli pre žiakov náročnejšie. K podobným výsledkom dospeli aj autori Machová a Ehler (2019), Oztas a Oztas (2016).

Na základe výpočtu úspešnosti a obťažnosti jednotlivých položiek sa ukázalo, že úlohy zamerané na reprodukciu boli pre žiakov jednoduchšie a dosahovali v nich najlepšie výsledky. Učenie naspamäť však má jednu veľkú nevýhodu. Žiaci naučení vedomosti nevedia aplikovať a často tieto informácie nemajú pochopené. K podobným záverom dospeli aj Brockmeyer a Tarábek (2007) ktorí zistili, že žiaci nedokážu osvojené

vedomosti využívať v praxi, ich poznatky sú izolované a nevznikajú u žiakov prepojenia medzi jednotlivými naučenými pojmami a myšlienkami. To vedie ku vzniku rôznych mylných predstáv a rýchlemu zabúdaniu. Naopak úlohy, v ktorých bolo potrebné zdôvodňovať a formulovať vlastné vysvetlenia, sa v našom súbore ukázali ako najnáročnejšie.

Na vzniku miskoncepcií sa bohužiaľ podieľa často aj škola. Príčinou vzniku miskoncepcií môže byť napr. chybné, nepresné alebo príliš zložito napísaná a nelogicky zostavená učebnica, či iný študijný materiál. Nekvalitné sprístupnenie učiva žiakom môže byť ďalšou z príčin vzniku mylných predstáv u žiakov, či už v dôsledku nezáživného, chaotického, či príliš komplikovaného vysvetľovania. Taktiež je bežnou praxou, že učiteľ nejakú časť učiva len „preletí“ alebo vynechá nakoľko ju sám nemá v oblúbe. Vplyv na žiacke pochopenie učiva majú aj metódy, ktoré sú vo vyučovanom procese využívané. Na používanie nevhodných vyučovacích metód, ktoré sú zamerané len na zapamätávanie a memorovanie poučiek poukazuje aj Held a kol. (2019). Tvrdí, že ak nie sú miskoncepce eliminované na základnom stupni, môžu sa v mnohých prípadoch preniesť a podporovať vznik ďalších vznikajúcich miskoncepcií vo vyšších stupňoch vzdelávania.

Musíme myslieť aj na samotného žiaka, ktorého úlohou je osvojenie si nových poznatkov. To môže komplikovať nezáujem žiaka o sprístupňovanú tému, nedostatočná pozornosť žiaka, problémy s učením. Žiaci, ktorí majú tendenciu vyrušovať, môžu narušiť priebeh vyučovania a upútať na seba pozornosť natoľko, že zvyšní žiaci v triede prestanú dávať pozor a učivo sprístupňované učiteľom si prepoja v nesprávnych súvislostiach (Čáp a Mareš 2001; Tarábek a Tarábek 2009). Veľmi kvalitný výklad učiva môže mať tiež podobný efekt ako výklad nekvalitný. I keď bude učivo žiakom sprostredkované zaujímavé a prínosné, môžu sa vytvoriť nové žiacke predstavy, ktoré nebudú úplne kompletne. Príčinou môže byť napríklad nedostatočný ohľad učiteľa na vek, či rozumový stav žiaka, využívanie príliš zložitých pojmov a odbornej terminológie. To môže viesť k nedostatočnému pochopeniu učiva a súvislostí (Sandoval a Morrison 2003). Svoje miesto tu má aj problém s hĺbkou zakorenenia prekonceptov a miskoncepcií v žiackom myslení a zároveň ich neakceptácia zo strany učiteľa (Čáp a Mareš 2001).

ODPORÚČANIA pre pedagogickú prax – z nášho pohľadu je veľmi dôležité identifikovať mylné predstavy žiakov a preniknúť tak do ich myšlienkových pochodov. Dôležité je zamerať sa aj na zdroje miskoncepcií. Preto jeden z predpokladov dosiahnuť zmysluplného a produktívneho učenia je aktívna práca učiteľov so žiackymi miskoncepciami (Čipková a Barčáková 2018). Učiteľ by pri sprístupňovaní učiva mal vedomosti žiakov prepájať, vracat sa k predchádzajúcim poznatkom a učiť žiakov vedomosti dávať do súvislostí. Je potrebné naučiť žiakov schematicky zakresľovať. Najdôležitejšie je však to, aby žiaci prichádzali k novým poznatkom sami a to rôznymi aktivitami, pozorovaním a praktickou činnosťou. Je potrebné dbať na správne osvojenie, dostatočné pochopenie a využívanie pojmov, ktoré sú nevyhnutné pre ďalšie učenie. V rámci zisťovania úrovne osvojených vedomostí odporúčame využívať dvojúrovňové úlohy, úlohy v ktorých žiaci musia zdôvodňovať, potvrdiť alebo vyvrátiť tvrdenie vhodným argumentom alebo využívať žiacku kresbu.

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou projektu *Prírodovedné kurikulum pre základnú školu 2020* Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0070 a s podporou grantu KEGA č. 059UK-4/2021 – Modernizácia procesu vzdelávania budúcich učiteľov stredných škôl v oblasti genetiky.

Záverom vyjadrujeme úprimné podakovanie pracovníckam Katedry genetiky PriF UK v Bratislave (doc. RNDr. Andrei Ševčovičovej, PhD. a doc. RNDr. Eliške Gálovej, PhD.) za odbornú pomoc pri finalizovaní tvorby merného prostriedku.

Literatúra

1. BIZNÁROVÁ, V. (2005). *Možnosti zisťovania žiackych koncepcií súvisiacich s pojmami teplota, teplo a tepelná výmena*. In: Zborník z konferencie Šoltésove dni 2005. Bratislava : MCMB, 2005, s. 14 – 18. ISBN 80-7164-398-X. [online]. [cit. 15.12.2019]. Dostupné na: <http://www.scholaludus.sk/new/index.php?go=projektova_sku-pina&sub1=haverlikova_publicacie>
2. BROCKMEYER, J. – TARÁBEK, P. (2007). *Teoretická koncepcie didaktiky fyziky. Educational & Didactic Communication*, 1. diel. Bratislava : Pedagogické vydavateľstvo Didaktis, www.didaktis.sk



3. CLAUSS, G. – EBNER, H. (1988). *Základy štatistiky pre psychológov, pedagógov a sociológov*. Bratislava : SPN, 1.vyd. 501 s.
4. ČÁP, J. – MAREŠ, J. (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha : Portál, 656 s. ISBN 80-7178-463-X.
5. ČIPKOVÁ, E. – BARČÁKOVÁ, V. (2018). Miskoncepce žiakov základnej školy o opornej a pohybovej sústave. In *Biológia, ekológia, chémia*. 2018, ročník 22, č. 3, s. 24 – 28. ISSN 1338-1024. [online]. [cit. 15.12.2019]. Dostupné na: http://bech.truni.sk/prilohy/BECH_3_2018.pdf
6. DEMKANIN, P. – HAJDÚK, M. – HANULJAKOVÁ, H. – KUBIŠ, T. – LAPITKA, M. – MALČÍK, M. (2015). *Metodika tvorby testových úloh a testov*. Bratislava : Národný ústav certifikovaných meraní vzdelávania, 1. vyd., 149s. ISBN 978-80-89638-28-4
7. DOULÍK, P. – ŠKODA, J. (2003). Tvorba a ověření nástrojů kvantitativní diagnostiky prekonceptů a možnosti jejího vyhodnocení. In *Pedagogika*. 2003, roč. LIII. s. 177-189. ISSN 2336-2189. [online]. [cit. 15.12.2019]. Dostupné na: <http://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1915&lang=cs>
8. GAVORA, P. (1992). Naivné teórie dieťaťa a ich pedagogické využitie. In: *Pedagogika. Časopis pro vědy o vzdělávání a výchově*. 42 (1), s. 95-101. ISSN 0031-3815.
9. HELD, L. – BRONERSKÁ, J. – ČIPKOVÁ, E. – DEMKANIN, P. – DROZDÍKOVÁ, A. – FANČOVIČOVÁ, J. – HORVÁTH, P. – HLA VATÁ HUDÁČKOVÁ, N. – KOTULÁKOVÁ, K. – KOVÁČOVÁ, L. – LAPITKOVÁ, V. – MICHALISKOVÁ, R. – NAGYOVÁ, S. – OROLÍNOVÁ, M. – PROKŠA, M. – UŠÁKOVÁ, K. – VELMOVSKÁ, K. (2019). *Koncepcia prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020*. Trnava : Typi Universitatis Tyrnaviensis, spoločné pracovisko Trnavskej univerzity v Trnave a VEDY, vydavateľstva Slovenskej akadémie vied, v roku 2019. 385 s. ISBN 978-80-568-0197-0.
10. JELEMENSKÁ, P. – SANDER, E. – KATTMANN, U. (2003). Model didaktickej rekonštrukcie. Impulz pre výskum v odborových didaktikách. In *Pedagogika: Časopis pro vědy o vzdělávání a výchově*. 2003, roč. LIII. S. 190 - 201. ISSN 2336-2189. [online]. [cit. 21.12.2019]. Dostupné na: <http://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1912&lang=cs>
11. KUBIATKO, M. (2017). *Miskoncepce: definície, diagnostika, eliminácia*. Ružomberok : VERBUM, 88 s. ISBN 978-80-561-0433-0.
12. KOHOUTEK, R. (2008). Kognitívny vývoj detí a školní vzdelávání. In *Pedagogická orientace*, 18(3), s. 3-22.
13. MACHOVÁ, M. – EHLER, E. (2019). *Revealing students' misconceptions about basics of molecular biology and genetics*. Proceedings of the 16th International Conference Efficiency and Responsibility in Education 2019. Czech University of Life Sciences Prague. s. 168-174. ISBN 978-80-213-2878-5. [online]. [cit. 05.02.2020] Dostupne na: <https://erie.pef.czu.cz/en/>
14. NAGYOVÁ, S. (2016). *Miskoncepce žiakov v oblasti biológie*. In *Východiská prípravy prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020 I. K aktuálnemu stavu prírodovedného vzdelávania*. 2016. Held, L., Vrabec, M., Prokša, M., Michalisková, R., Ušáková, K., Nagyová, S., Podstrelená, M., Čipková, E. Trnava : Typi Universitatis. ISBN 978-80-8082-993-3.
15. NAGYOVÁ, S. – STOJKOVIČOVÁ, S. – UŠÁKOVÁ, E. – ČIPKOVÁ, E. (2018). Využitie pojmových máp na hodinách genetiky. In *Biológia, ekológia, chémia*. 2018, ročník 22, č. 4, s. 12 – 20. ISSN 1338-1024. [online]. [cit. 15.12.2019]. Dostupné na: http://bech.truni.sk/prilohy/BECH_4_2018.pdf
16. NAGYOVÁ, S. (2019). *Genetická informácia sa prenáša z jednej generácie organizmov na ďalšiu*. In: *Koncepcia prírodovedného kurikula pre základnú školu 2020*. Held, L., Bronerská, J., Čipková, E., Demkanin, P., Drozdíková, A., Fančovičová, J., Horváth, P., Hlavatá Hudáčková, N., Kotuláková, K., Kováčová, L., Lapitková, V., Michalisková, R., Nagyová, S., Orolínová, M., Prokša, M., Ušáková, K., Velmovská K. Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis, 385 s. ISBN 978-80-568-0197-0.
17. OZTAS, H. – OZTAS, F. (2016). A Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetic in Middle School Students. *Journal of Education and Practice*, Vol.7, No.30, p128-130. ISSN 2222-288X. [online]. [cit. 03.02.2020]. Dostupné na: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1118927.pdf>
18. PINE, K. – MESSER, D. – JOHN, K. (2001). Children's Misconceptions in Primary Science: A Survey of teacher's views. *Research in Science & Technological Education*. 19:1, 79-96, DOI: 10.1080/02635140120046240. [online]. [cit. 20.12.2019]. Dostupné na: <http://doi.org/10.1080/02635140120046240>
19. RÖTLING, G. (1996). *Metodika tvorby učiteľského didaktického testu*. Banská Bystrica : Metodické centrum, 31 s. ISBN 80-8041-110-7
20. SANDOVAL, W. A. – MORRISON, K. (2003). High school student's ideas about theories and theory change after a biological inquiry until. *Journal of Research on Science Teaching*. 40 (4), s. 388-399.
21. TARÁBEK, J. – TARÁBEK, P. (2009). *Zisťovanie a pojmové mapovanie miskonceptí a formálnych znalostí (Viete čo sa vaše deti naučia v škole?)*. Workshop pre učiteľov na konferencii „Učíme pre život“, 27. - 29.3.2009, Kysucké Nové Mesto. [Online]. [cit. 2021-05-1]. Dostupné na: <http://ucimeprezivot.spaces.live.com/blog/cns!2D4BBD8558708CBE!928.entry>
22. VIŠŇOVSKÁ, J. – UŠÁKOVÁ, K. – GÁLOVÁ, E. – ŠEVČOVIČOVÁ, A. (2012). *Biológia pre 2. ročník gymnázia a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo – Mladé letá, s. r. o., 1. vyd., 164 s. ISBN 978-80-10-02286-1.
23. VLČKOVÁ, J. – KUBIATKO, M. – USAK, M. (2016). Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: preliminary results. In *Journal of Baltic Science Education*. 15 (6). s. 738–745 . ISSN 1648-3898. [Online]. [cit. 2021-05-6]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/312164010_Czech_high_school_students'_misconceptions_about_basic_genetic_concepts_Preliminary_results
24. WETZLER, P. (2014). *Tvorba konceptuálnych úloh z genetiky zameraných na rozvíjanie prírodovednej gramotnosti*. Bratislava : Metodicko-pedagogické centrum.



Príloha

TEST I – Delenie buniek

Meno a priezvisko: _____

Trieda, škola: _____

1. Stručne napíšte v čom spočíva podstata a význam bunkového delenia.

Podstata:

Význam:

2. Vysvetlite čo môže byť príčinou zastavenia bunkového cyklu.

3. Rozhodnite, či všetky typy buniek organizmu z rastovej fázy vstupujú do syntetickej fázy bunkového cyklu.

ÁNO / NIE

Vysvetlite:

4. Vytvorte správne dvojice, v ktorej časti bunkového cyklu (a. – d.) prebieha uvedený dej (I. – IV.). *Odpoveď (napr. e – V):*

- a) prechod G₁/S
- b) prechod G₂/M
- c) prechod S/G₂
- d) mitotický kontrolný uzol

- I. kontrola splnenia podmienok bunkového delenia a prítomnosti enzýmov
- II. kontrola správneho priebehu replikácie DNA a prípadná oprava chýb
- III. kontrola pripojenia chromozómov na deliace vretienko
- IV. kontrola stavu DNA a vhodnosti podmienok bunkového delenia

5. Vyberte správnu odpoveď.

5a. Pečeňové bunky sú:

- a) somatické (telové)
- b) gametické (pohlavné)



5b. Pečeňové bunky človeka sa delia:

- a) iba počas vnútromaternicového vývinu
- b) po celý život
- c) neustále od narodenia po smrť
- d) od vnútromaternicového vývinu po dosiahnutie dospelosti

Svoju odpoveď zdôvodnite:

6. Čo sa deje s bunkou ak nemá v interfáze dostatok živín?

7. Ako súvisí vznik nádorových ochorení s regulačnými mechanizmami počas bunkového delenia? Vysvetlite.

8. Riešte nasledujúce úlohy.

Obrázok nakreslite na papier a odfotený pošlite na e-mail, ktorý Vám zadala pani učiteľka. Nezabudnite obrázky správne označiť (*napr. 14-a*) a podpísať sa.

Nakresli interfázový chromozóm v G ₁ -fáze	Nakresli a popíš metafázový chromozóm
	Poznámka: Nezabudni metafázový chromozóm aj popísať!

9. V ktorej fáze bunkového cyklu prebieha replikácia DNA?

- a) G₁-fáza
- b) G₂-fáza
- c) S-fáza
- d) M-fáza


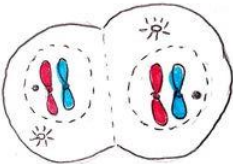
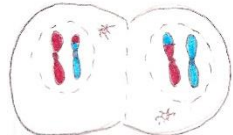
Svoj výber zdôvodňujem nasledovne:

- A. Tesne po M-fáze musí bunka zdvojiť svoj genetický materiál a počas zvyšných troch fáz bunkového cyklu prebieha kontrola, či replikácia prebehla bezchybne a opravujú sa prípadné chyby.
- B. Predtým, ako sa bunka začne deliť, sa musí genetická informácia zdvojiť, aby zostalo jej množstvo zachované aj v dcérskych bunkách. Následne musí prebehnúť kontrola, či replikácia prebehla bezchybne.
- C. V bunke prebieha naraz replikácia genetickej informácie aj samotné delenie bunky – mitóza/meióza.
- D. Bezprostredne pred samotným delením bunky sa bunka „rozhoduje“, či sa DNA bude replikovať. Ak sa DNA zreplikuje, bunka sa môže začať deliť.

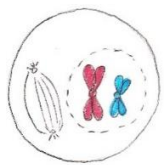
Odpoveď (napr. a – C)

10. Do prázdnych miest v tabuľke doplňte chýbajúce údaje.

Fázy, ktoré je potrebné dokresliť nakreslite na papier a fotku pošlite na e-mail, ktorý Vám zadala pani učiteľka. Nezabudni obrázky správne označiť a podpísať sa.

	NÁKRES FÁZY	SPÔSOB DELENIA	NÁZOV FÁZY	PRIEBEH FÁZY (opis priebehu fázy)
A				Chromozómy sú maximálne špiralizované a usporiadané do ekvatoriálnej roviny. Dvojchromatidové chromozómy sa pozdĺžne delia na jednochromatidové, ktoré sú ešte spojené v mieste centroméry.
B		mitóza	telofáza	
C		I. meiotické delenie	profáza	
D		I. meiotické delenie	anafáza	
E				



F				Jadrová membrána a jadierko zanikajú. Vytvára sa deliace vretienko, delí sa centriola a každá polovica putuje na opačný pól bunky. Chromozómy sa skracujú a špiralizujú.
G		I. meiotické delenie	metafáza	



TEST II – Delenie buniek

Meno a priezvisko: _____

Trieda, škola: _____

1. Nakresli:

Obrázok nakreslite na papier a odfotený pošlite na e-mail.

Nezabudnite obrázky správne označiť (napr. 1-a) a podpísať sa.

haploidnú bunku s tromi chromozómami v metafáze II. meiotického delenia	diploidnú bunku s tromi chromozómami v anafáze mitózy
diploidnú bunku so štyrmi chromozómami pred synteticou fázou	diploidnú bunku s dvomi chromozómami po syntetickej fáze

2. Rozhodni o pravdivosti tvrdení (zakrúžkuj P, ak je tvrdenie pravdivé; N, ak je nepravdivé).

a) Výsledkom mitotického delenia bunky je vznik dvoch dcérskych buniek, ktoré majú rovnaký počet chromozómov ako mala materská bunka.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:

b) Výsledkom meiotického delenia je štvorica haploidných buniek, z ktorých každá má inú kombináciu alel.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:



c) Výsledkom meiotického delenia je štvorica haploidných buniek, pričom všetky 4 majú rovnaký počet chromozómov.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:

d) Interfáza nie je súčasťou mitózy.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:

e) Reprodukčné bunky (spermie a vajíčka) vznikajú meiotickým delením.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:

f) Rast organizmu je výsledkom zväčšovania buniek.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:

g) Bunkový cyklus je mitóza.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:

h) Ku procesu crossing-over dochádza v metafáze I. meiotického delenia.

P / N

Svoje rozhodnutie zdôvodni:



3. Doplňte do tabuľky (tam, kde je to možné), akým spôsobom sa delia uvedené bunky (v tabuľke sme uviedli jedno vzorové riešenie).

BUNKY	SPÔSOB DELENIA	BUNKY	SPÔSOB DELENIA
eukaryotické bunky	mitóza	prokaryotické bunky	
svalové bunky		somatické bunky	
pohlavné bunky		nervové bunky	
bakteriálne bunky		spermie	
vajíčka		pečeňové bunky	

4. V profáze I. meiotického delenia:

- a) je bunka diploidná s jednochromatidovými chromozómami
- b) je bunka haploidná s jednochromatidovými chromozómami
- c) je bunka diploidná s dvojchromatidovými chromozómami
- d) je bunka haploidná s dvojchromatidovými chromozómami

Svoj výber odpovede zdôvodnite:

5. Bunky po skončení mitózy majú chromozómy:

- a) jednochromatidové
- b) dvojchromatidové

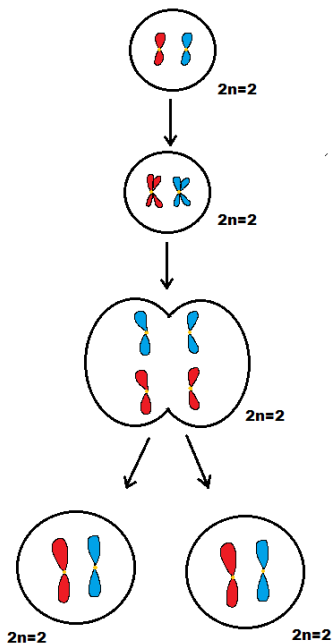
Svoj výber zdôvodňujem nasledovne:

6. Výsledkom II. meiotického delenia:

- a) sú dve haploidné dcérske bunky
- b) sú dve diploidné dcérske bunky
- c) sú štyri haploidné dcérske bunky
- d) sú štyri diploidné dcérske bunky

Svoj výber odpovede zdôvodnite:

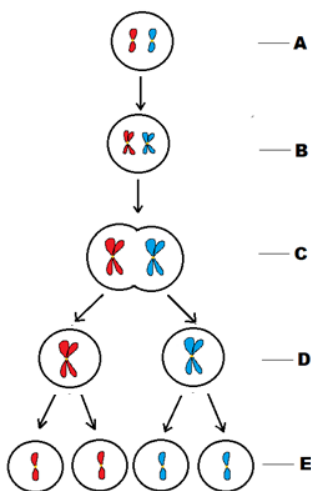
7. Riešte úlohy:



a) Na základe zjednodušenej a skrátenej schémy mitózy vysvetlite čo znamená $2n = 2$ (tzv. genetický zápis)

b) Na základe schémy napíšte v čom spočíva základný princíp mitózy.

8. Riešte úlohy:



a) Na základe zjednodušenej a skrátenej schémy meiózy zapíšte do rámečka, čo je výsledkom I. a II. meiotického delenia (napr. A – I. meiotické delenie).

b) Na základe obrázka uveďte do rámečkov (A až E) počet chromozómov materskej bunky a dcérskych buniek. Vyjadrite to formou genetického zápisu (napr. $2n = 2$, $n = 2$, ... podobne ako je to uvedené v schéme v úlohe 19 a).

- A. –
 B. –
 C. –
 D. –
 E. –

c) Porovnajte I. a II. meiotické delenie.

9. Vysvetlite VÝZNAM procesu crossing-over.
