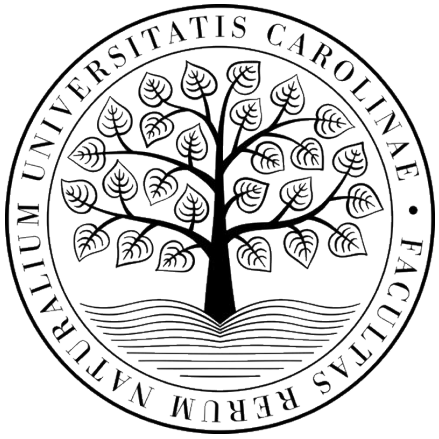
Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní obor: Učitelství chemie pro střední školy – Učitelství biologie pro střední školy
Studijní program: Učitelství chemie pro střední školy



Bc. Marek Procházka

Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

Learning Progression–Based Assessment of Modern Genetics

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Vanda Janštová, Ph.D.
Konzultanti práce: Mgr. et Mgr. Markéta Klimešová, Ph.D.
PhDr. Petr Novotný, Ph.D.

Praha, 2024

Poděkování

Mé upřímné poděkování patří RNDr. Vandě Janštové, Ph.D. za odborné vedení, přátelský přístup, vstřícnost a čas, jenž mi věnovala při psaní mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval za cenné rady při konzultacích Mgr. et. Mgr. Markétě Klimešové, Ph.D. a PhDr. Petru Novotnému, Ph.D. a všem žákům, učitelům a odborníkům za uskutečnění praktické části práce. Nesmím opomenout také mou rodinu a přátele, kteří mě po celou dobu studia skvěle podporovali.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 25. 4. 2024

……

Marek Procházka

Abstrakt

Molekulární biologie a genetika představují pro žáky jedny z nejnáročnějších biologických témat, jejichž správné pochopení je zásadní i pro další kapitoly biologie a chemie. Test učebního pokroku je nástroj umožňující určit úroveň pochopení daných oborů, což může sloužit jako zpětná vazba, na kterou je možné cíleně navázat v další výuce. Cílem této práce bylo z anglického originálu *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* přeložit a následně validovat test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice. Dalším cílem práce bylo vysvětlit možný vliv proměnných (např. účasti na biologickém semináři, přírodovědných soutěží či budoucího zaměření studia) na celkové skóre. Validace probíhala v několika fázích (kontrola překladu odborníky a didaktiky, testování ve školách a následné vyhodnocení). Žáci gymnázií test vyplňovali online při hodině biologie. Ukázalo se, že dosahují nízké úrovně pochopení dědičnosti na molekulární úrovni, dále v oblasti vlivu životního prostředí na genetickou informaci, přenosu genetické informace na potomky a obecně je pro ně obtížná aplikace teoretických poznatků na konkrétní příklady. Žáci chybují v základních genetických pojmech a ve vztazích mezi nimi, což popisují i další autoři. Ti, kteří navštěvovali biologický seminář či se plánují věnovat biologii při studiu na VŠ, dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než ostatní. Dále signifikantně vyššího skóre dosahovali i ti žáci, kteří se účastnili přírodovědných soutěží, či považovali genetiku za důležitou. Výsledky práce mohou sloužit k tvorbě výukových materiálů, jež zacílí právě na problematické oblasti či miskoncepce, dále ke zpětné vazbě učitelům o momentální žákovské úrovni pochopení genetických konceptů.

Klíčová slova: molekulární biologie, genetika, molekulární genetika, výuka, gymnázium, test učebního pokroku

Abstract

Molecular biology and genetics represent some of the most challenging biological topics for students, a correct understanding is also essential for the other chapters of biology and chemistry. The learning progression test is a tool that allows to determine the level of understanding of the given fields, which can serve as feedback that can be followed up in a targeted manner in further teaching. The aim of this work was to translate and subsequently validate the test of learning progression in molecular biology and genetics from the English original "Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics". Another goal of the thesis was to explain the possible influence of variables (e.g. participation in a biology seminar, science competitions or future study focus) on the overall score. Validation took place in several phases (checking the translation by experts and didactics, testing at schools and subsequent evaluation and analysis). Grammar school students completed the test online during biology class. They achieved a low level of understanding of heredity at the molecular level, further in the area of the influence of the environment on genetic information, the transfer of genetic information to offspring, and in general it is difficult for them to apply theoretical knowledge to specific examples. Students make mistakes in basic genetic concepts and the relationships between them, which is also described by other authors. Those who attended a biology seminar or plan to study biology at university achieved a significantly higher total score than the others. Furthermore, those students who participated in science competitions or considered genetics to be important also achieved significantly higher scores. The results of this thesis can be used for the creation of teaching materials that target precisely the problematic area or misconceptions, as well as for feedback of the students' current understanding of genetic concepts.

Key words: molecular biology, genetics, molecular genetics, teaching, grammar school, upper secondary school, high school, learning progression test

Seznam použitých zkratek

AAAS	*American Association for the Advancement of Science*
AIC	Akaikovo informační kriterium
ANOVA	Analýza rozptylu
BIC	Bayesianovo informační kritérium
CFA	Konfirmační faktorová analýza
CFI	*Comparative fit index*, index používaný při CFA
CTT	Klasická teorie testů
d_{Cohen}	Koeficient velikosti účinku párového t-testu
df	Počet stupňů volnosti
GLAI	*Genetics Literacy Assessment Instrument*
H_0	Nulová hypotéza
H_A	Alternativní hypotéza
IRT	*Item response theory*
p hodnota	Dosažená hladina významnosti (tj. pravděpodobnost, že chybně zamítneme platnou nulovou hypotézu)
RVP	Rámcový vzdělávací program
RMSEA	*Root mean square error of approximation*, index používaný při CFA
SBEA	Enzym větvící škrob A
SBE1	Enzym větvící škrob 1
SCID	Těžká kombinovaná imunodeficience
SD	Směrodatná odchylka
SMA	Spinální muskulární atrofie
SRMR	*Standardized root mean square residual*, index používaný při CFA
SŠ	Střední škola
T	Testová statistika u Wilcoxonova testu
t	Testová statistika u t-testu
TRAPD metodika	*Translation, Review, Adjudication, Pretest, and Documentation*
TLI	*Tucker-Lewis Index*, index používaný při CFA
ULI	*Upper-low index*
VŠ	Vysoká škola
W	Kritický obor párového t-testu/ testová statistika Shapiro-Wilkova testu

ZŠ	Základní škola
ε^2	Koeficient velikosti účinku Kruskal-Wallisovy ANOVY
ρ	Spearmanův korelační koeficient
χ^2	Testová statistika Kruskal-Wallisovy ANOVY a CFA

Obsah

1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE 10

2. TEORETICKÁ ČÁST 11

2.1 VÝZNAM GENETIKY PRO SPOLEČNOST 11

2.2 VÝUKA GENETIKY A JEJÍ VÝZVY 12

2.2.1 Výuka Mendelovské genetiky 12

2.2.2 Výuka genetiky na VŠ 15

2.2.3 Výzvy ve výuce genetiky 15

2.3 MISKONCEPCE V GENETICE 16

2.3.1 Miskoncepce u žáků ZŠ 16

2.3.2 Miskoncepce u žáků SŠ 17

2.3.3 Miskoncepce u studentů VŠ 17

2.3.4 Miskoncepce ve veřejnosti 18

2.4 MAPA UČEBNÍHO POKROKU 19

2.4.1 Mapy učebního pokroku v genetice 19

2.4.1.1 Mapa učebního pokroku uplatněná při tvorbě použitého testu 21

2.5 TEST UČEBNÍHO POKROKU 31

3. METODIKA PRÁCE 36

3.1 PŘÍPRAVA VÝZKUMNÉHO NÁSTROJE 37

3.2 PŘEKLAD TESTU 37

3.3 FÁZE TESTOVÁNÍ 38

3.3.1 Pilotní testování 38

3.3.2 Testování ve školách 38

3.4 PŘÍPRAVA DAT 39

3.5 ANALÝZA DAT 41

3.5.1 Test a testové položky 41

3.5.2 Popisná statistika a testování vlivu proměnných na celkové skóre 42

3.5.3 Závislost správnosti odpovědi na počtu znaků 43

3.5.4 Konfirmační faktorová analýza 44

4. VÝSLEDKY 45

4.1 PŘEKLAD TESTU 45

4.2 PILOTNÍ TESTOVÁNÍ 46

4.3 TESTOVÁNÍ VE ŠKOLÁCH 47

4.3.1 Test a testové položky 48

4.3.2 Učební pokrok v jednotlivých konstruktech 48

4.3.3 Vliv vysvětlujících proměnných na celkové skóre 70

4.3.4 Závislost správnosti odpovědi na počtu znaků 78

4.3.5 Konfirmační faktorová analýza 78

4.4 NAVRŽENÁ NETESTOVANÁ VERZE 80

5. DISKUZE 82

6. ZÁVĚR 87

7. SEZNAM TABULEK A GRAFŮ 88

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ 91

9. PŘÍLOHY 106

PŘÍLOHA 1 – LEARNING PROGRESSION-BASED ASSESSMENT OF MODERN GENETICS VČETNĚ BODOVÁNÍ 107

PŘÍLOHA 2 – V1_TEST UČEBNÍHO POKROKU V MOLEKULÁRNÍ BIOLOGII A GENETICE 126

PŘÍLOHA 3 – V2_TEST UČEBNÍHO POKROKU V MOLEKULÁRNÍ BIOLOGII A GENETICE 146

PŘÍLOHA 4 – V3_TEST UČEBNÍHO POKROKU V MOLEKULÁRNÍ BIOLOGII A GENETICE 164

PŘÍLOHA 5 – NV_NAVRŽENÁ NETESTOVANÁ VERZE TESTU 184

PŘÍLOHA 6 – DEMOGRAFICKÉ OTÁZKY K TESTU 204

1. Úvod a cíle práce

Molekulární biologie a genetika jsou dynamicky se rozvíjející vědní obory biologie, s jejichž poznatky i metodami se setkáváme i v běžném životě. Genetika studuje dědičnost a proměnlivost organismů a molekulární biologie studuje strukturu, funkci a interakci molekul (Durmaz et al., 2015; Lanie et al., 2004). Obě mají přesah do dalších oborů biologie (např. reprodukční medicíny, evoluční a buněčné biologie) a chemie (bioorganické chemie a biochemie). Zároveň patří k náročnějším tématům biologie, která jsou na základních a středních školách vyučována. To je pravděpodobně dáno mj. velkým rozsahem rozměrů studovaných jevů a struktur od velmi malých (na molekulární či atomové úrovni), až na úroveň celého organismu a populací (Sorgo & Siling, 2017; Verhoeff et al., 2008). Molekulárně genetické děje jsou navíc příkladem abstraktní látky, která je pro žáky těžce uchopitelná (Knippels et al., 2005). Pro vhodně vedenou výuku je potřeba znát úroveň znalostí a porozumění žáků, aby bylo možné předejít miskoncepcím, popř. je uvést na pravou míru. Chybné porozumění základním molekulárně genetickým konceptům vede následně i k mylným představám a nedokonale vytvořeným souvislostem mezi dalšími kapitolami biologie, z čehož může pramenit nižší úroveň motivace žáků při dalším studiu.

Protože v českém jazyce není (pokud je známo) k dispozici vhodný nástroj k měření nejen znalostí, ale i úrovně porozumění základním molekulárně genetickým konceptům, je cílem této práce takový nástroj přeložit a validovat jeho českou verzi. Byl vybrán test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics*", dále je v práci používán český návrh názvu "Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice".

Konkrétně jsem si pro diplomovou práci vytyčil následující cíle:

1. Přeložit nástroj *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics"* (Todd et al., 2017), test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice určený pro žáky gymnázií a validovat českou verzi.

2. Posoudit možný vliv zvolených vysvětlujících proměnných (motivace žáka a charakteristika výuky) na úroveň pochopení molekulárně biologických a genetických konceptů.

2. Teoretická část

První podkapitola pojednává o významu molekulární biologie a genetiky spolu s jejich přesahem do běžného života. Dále popisuje oblíbenost a vnímanou důležitost molekulární biologie a genetiky u žáků gymnázií. Druhá podkapitola se věnuje výuce těchto biologických oborů, učebnicím, vhodnému pojetí ve výuce a efektivnímu řazení jednotlivých témat. Třetí podkapitola přináší výčet nejčastějších miskoncepcí u žáků v domácím i v mezinárodním kontextu. Čtvrtá podkapitola literární rešerše popisuje konceptuální rámec molekulární biologie a genetiky s různými způsoby testování znalostí a blíže popisuje ten, jenž byl vybrán při tvorbě *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017). Poslední, pátá podkapitola představuje princip a charakteristiky mapy učebního pokroku („*learning progression*“), jejíž testování se věnuje praktická část této práce.

V dostupné literatuře se autoři v rámci tématu genetiky často zabývají molekulární genetikou, tj. molekulární biologií vztaženou k zákonitostem dědičnosti. Na molekulární biologii je v této práci pohlíženo jako na součást genetiky, a proto dále v textu práce používám pouze termín genetika.

2.1 Význam genetiky pro společnost

S přibývajícími poznatky a rozvojem metod studia např. v oblasti diagnostiky genetických onemocnění, genové terapie, klonování či geneticky modifikovaných organismů, roste potřeba porozumění laické veřejnosti základním genetickým principům. To je důležité pro informované rozhodování v každodenním životě (Lanie et al., 2004). Jelikož se lidé často při rozhodování řídí subjektivním či emotivním aspektem, který může být rozdílný od současného vědního poznání (Condit, 2001; Doble, 1995; Lanie et al., 2004), měla by veřejnost znát základní genetické koncepty a měla by umět a kriticky hodnotit informace týkající se tohoto tématu (Marbach-Ad, 2001).

Příprava na rozhodování a kritické myšlení týkající se molekulární biologie v běžném životě by měla být podporována mj. vzděláním v genetice (Ratcliffe & Grace, 2003). Zande et al. (2009) považují schopnost řešit budoucí morální dilemata spojená s genetikou za důležitou kompetenci a popisují, že v nizozemských kurikulárních dokumentech chybí.

Genetika se řadí mezi nejnáročnější témata pro žáky i pro učitele (Cimer, 2012; Finley et al., 1982; Ozcan et al., 2014), což platí i pro vysokoškolské studenty (Bahar et al., 2010). Čeští žáci hodnotí genetiku jako nejnáročnější vyučovaný obor biologie, zároveň ji pokládají za relativně užitečnou a důležitou pro svůj život (Janštová et al., 2022). Z této náročnosti a abstraktní povahy oboru vyplývá relativně častý vznik miskoncepcí u žáků a problémy s pochopením souvislostí mezi jednotlivými koncepty (Cimer, 2012; Kacovsky, 2015).

2.2 Výuka genetiky a její výzvy

Během komunistického režimu v bývalém Československu byly snahy o zrušení genetiky jako vědního oboru i její eliminaci ze škol (Kolchinsky et al., 2017). V dnešní době je genetika pevnou součástí českých kurikulárních dokumentů a učebnic (Janštová & Jáč, 2015; Machová, 2020).

I když není podmínkou ani pravidlem, že by učitelé využívali při výuce učebnice, stále jsou řazeny mezi důležité zdroje informací při přípravě na výuku a výběru konkrétního obsahu učiva. Současně slouží žákům jako základní podpůrný materiál při učení (Rusek, 2019). Mezi základní nedostatky v současných učebnicích se řadí nevhodné rozložení učiva genetiky napříč ročníky. S první zmínkou o dědičné informaci (typicky její lokalizaci a významu) se setkáváme v nizozemských i českých učebnicích určených pro 6. ročníky. Genetika jako taková je však probrána až v učebnicích pro 8. či 9. ročníky (Knippels et al., 2005; Machová, 2020). Dalším nedostatkem učebnic je také slabé provázání jednotlivých úrovní biologické hierarchie (tj. sled procesů vedoucích ke vzniku znaku podle DNA), nedostatečné pokrytí tématu proteinů, které jsou typicky spojeny zejména s potravou a trávením. Informace v učebnicích jsou často nespojité, nabízí fragmentované části bez logického provázání a zdůraznění souvislostí potřebných pro pochopení tohoto komplexního celku (Machová, 2020).

2.2.1 Výuka Mendelovské genetiky

V současných učebnicích a hodinách biologie nechybí zmínka o Mendelovi a jeho přínosu pro genetiku. Jde však často o zjednodušující, zavádějící, popř. přímo nepravdivé skutečnosti (Smith & Gericke, 2013). Aktuálně velmi diskutovanou otázkou ve výuce genetiky

je proto zařazení výuky mendelovské dědičnosti, a to nejen kdy (před či po molekulární genetice), ale i zda vůbec, jak diskutují studie uvedené níže.

Mendelovy zákony jsou podle řady autorů přílišným zjednodušením skutečnosti a dědičnost živých organismů se podle nich řídí spíše výjimečně (Dougherty, 2009; Johnston, 2023; Kampourakis, 2021; Radick, 2023; M. Smith & Gericke, 2013). Většina genů je multialelická, znaky jsou polygenní, a naopak jeden gen má typicky vliv na projev více různých znaků. Mnoho znaků je ovlivněno také prostředím, nikoliv jen geny, což Mendelovská genetika neuvažuje. O významném pokroku, který genetika za poslední dekády prodělala, se většina žáků středních škol nedozví, protože se naučí pouze statistické pravděpodobnosti dědičnosti bez následujícího studia podstaty genetiky (Johnston, 2023; Radick, 2023). Zároveň si žáci odnesou mylné představy o tom, jak genetiku v dnešní době chápeme. Souvisí to i s tím, že se při výuce pro zjednodušení učitelé upínají ke vzácným znakům určeným pouze jedním genem, na kterých se sice srozumitelně vysvětlí vztah genotypu a fenotypu, nicméně se už většinou nedoplňuje skutečnost, že tyto znaky jsou spíše raritní (Dougherty, 2009). Proto tento přístup poskytuje zkreslený pohled jak na dědičnost, tak na povahu vědy.

Někteří autoři podporují výuku Mendelových zákonů spíše jako nástroj k identifikaci kontroverzí kolem jeho vědeckých prací (Allchin, 2003; Fairbanks & Rytting, 2001), což by mohlo posloužit jako vynikající výchozí materiál právě pro výuku o povaze vědy (M. Smith & Gericke, 2013). Otázku toho, zda vůbec zařazovat toto téma do výuky genetiky, otevřeli již před téměř 40 lety autoři Corcos & Monaghan (1985), podle kterých učebnice biologie obsahují řadu nepřesností a nepravd. Zmiňují například, že Mendelovy zákony nebyly v pracích Mendela vůbec formulovány. Není v nich zmíněn ani známý fenotypový štěpný poměr pro konkrétní případ křížení heterozygotů ve dvou znacích s úplnou dominancí 9:3:3:1.

Kampourakis (2021) navrhuje, aby byla výuka mendelovské dědičnosti nahrazena výukou vývojové genetiky. Právě vývojové procesy by si žáci podle něj potřebovali osvojit, aby jim bylo jasnější, že geny samy o sobě nestačí k určení velkého množství znaků.

Pokud jsou Mendelovy zákony vyučovány, zůstává otázka, jak určit pořadí vůči molekulární podstatě dědičnosti vzhledem k hloubce pochopení genetických principů žáky. Aby na tuto otázku odpověděli, testovali Duncan et al. (2016) u žáků sedmého ročníku základní školy znalosti z molekulární a mendelovské genetiky formou pretestů a posttestů. Následně porovnali výsledky obou testů a zajímali se, zda jsou ovlivněny pořadím zařazení mendelovské a molekulární genetiky do výuky. Výsledky autorů ukazují, že porozumění molekulární

genetice může žákům pomoci v následném studiu mendelovské genetiky, zatímco porozumění mendelovské genetice se zdá mít pro budoucí učení molekulární genetiky slabší přínos. Znamená to, že na rozdíl od převládající praxe by molekulární genetika měla být vyučována před mendelovskou genetikou. Zároveň zdůrazňují, že k propojení obou modelů je třeba poskytnout žákům dostatek příležitostí prozkoumat a vysvětlit vzorce dědičnosti na molekulární úrovni. Oproti tomu Deutch (2018) nenašel vliv časové posloupnosti probírání jednoho nebo druhého tematického celku před tím druhým na celkové znalosti.

Existují i konkrétnější návrhy, jak k výuce dědičnosti přistoupit. Protože je ideální genetiku vyučovat provázaně a cyklicky se k popisovaným procesům v průběhu vzdělávání vracet a upřesňovat je, navrhuje Haskel-Ittah (2023) zavádět tzv. černé skříňky („*black-box*"). Není nutné všechny genetické procesy a jevy vysvětlovat do detailů, nicméně je potřeba pro ně vytvořit prostor, např. i v podobě černé skříňky, který se následně zaplní konkrétnější informací na vyšším stupni vzdělávání. Černé skříňky jsou nedílnou součástí výkladu víceúrovňového komplexního vědního oboru, kterým biologie je. Jejich rozpoznání je důležité jednak v procesu učení, ale také pro vědeckou gramotnost a celkové pochopení podstaty vědy (Haskel-Ittah 2023).

Alternativním „nemendelovským" popisem změn fenotypů v kontextu pokusů s hrachem může být přístup Allchin (2017). Ten se zaměřuje na sacharidy v buňce, spíše než na tvar semen, a na místo kulatého versus vrásčitého fenotypu navrhuje používat fenotyp škrobový versus sladký. Škrobový a sladký fenotyp semen hrachu vysvětluje aktivitou nebo nečinností enzymu rozvětvujícího škrob (SBE1 nebo SBEA) v semenech hrachu. SBE1 katalyzuje polymerizaci monosacharidů na škrob. Z mnoha molekul glukózy se vytvoří jedna makromolekula. Následkem toho hrách neabsorbuje tolik vody osmózou. Později, když semena vyschnou, ztrácejí také málo vody. Proto jsou kulaté (nebo hladké). V případě, kdy SBE1 chybí, nebo není plně funkční, se molekuly sacharidů hromadí, buňky absorbují více vody po osmotickém gradientu. Později přichází o více vody a obal semene se scvrkává a kromě vrásčitého se stane sladším (Allchin 2017).

2.2.2 Výuka genetiky na VŠ

Součástí genetické gramotnosti je znalost fenotypové plasticity, tedy vlivu prostředí na geny a znaky (tj. interakce mezi geny a prostředím při utváření znaků). Procesy příjmu informací a signalizace (receptory, buněčná signalizace, regulace aktivity proteinů a exprese genů), které jsou základem tohoto fenoménu, pravděpodobně nejsou během výuky o mechanismech regulací genové exprese dostatečně zdůrazňovány. Zakomponování těchto témat do vysokoškolského kurikula genetiky, stejně jako zmínka o epigenetice, by mohlo pomoct k pochopení, jak je genetický aparát schopen reagovat na změny vnějšího a vnitřního prostředí v rámci udržení homeostázy na buněčné a molekulární úrovni (Haskel-Ittah et al., 2020).

2.2.3 Výzvy ve výuce genetiky

S významným pokrokem v genetice se v budoucnu budeme stále více setkávat s manipulací genetické informace jako prevence projevů onemocnění. Již v současné době je genová terapie dostupná a ve vybraných případech je využívána k léčbě např. spinální svalové atrofie či cystické fibrózy (Fakultní nemocnice Brno, n.d.; *Cystic Fibrosis Foundation*, n.d.). K identifikaci novorozenců, kteří mají zvýšené riziko 20 vzácných onemocnění (např. cystická fibróza, fenylketonurie a další), slouží tzv. novorozenecký screening. Ve věku 48-72 hodin po narození se odebere k analýze několik kapek krve, aby se následně mohla tato onemocnění potvrdit, či vyvrátit dříve, než se stačí případně projevit a vážně poškodit zdraví dítěte (Novorozenecký screening, n.d.). Od 1. ledna 2022 je nově součástí pilotní projekt rozšíření laboratorního novorozeneckého screeningu o spinální muskulární atrofii (SMA) a těžkou kombinovanou imunodeficienci (SCID) (Laboratorní novorozenecký screening SMA a SCID, 14.3. 2022). Společnost tedy bude čím dál tím více nucena činit rozhodnutí ohledně genetické zdravotní péče. Pokud tak má konat smysluplně, je nutné na to začít žáky a studenty připravovat způsobem, který odpovídá poznatkům a představám o genetice 21. století. Toho lze dosáhnout např. změnou sledu témat a zdůrazněním komplexních znaků. Předpokladem pro tuto změnu je úprava kurikula, profesní rozvoj učitelů a soustředěné úsilí o zlepšení standardů, které pohání výuku a učení (Dougherty, 2009).

2.3 Miskoncepce v genetice

V důsledku náročnosti genetiky na pochopení si žáci přirozeně vytváří mylné představy o jejích principech (Duncan & Reiser, 2007). Jako možné příčiny vzniku miskoncepcí u žáků lze uvést nedostatečné vysvětlení látky vyučujícím, učení se nazpaměť bez nacházení souvislostí mezi tématy, abstraktní povahu oboru či různé úrovně biologické organizace (myšleno molekulární, buněčná, organismální, populační), v rámci kterých genetické procesy existují (Knippels et al., 2005; Schneeweiß et al., 2022; Schneeweiß & Gropengießer, 2019, 2022). Další příčinou může být velké množství nových pojmů, často zdánlivě podobných (Martínez-Gracia et al., 2006). S tím se pojí i často malá návaznost učiva či nedostatečné definice základních konceptů genetiky a propojování jednotlivých dílčích poznatků do logického celku (Ibáñez Orcajo & Martínez Aznar, 2005; Thörne & Gericke, 2014). Dalším faktorem, který může mít vliv na tvorbu miskoncepcí, jsou debaty ve veřejném prostoru, zejména v médiích, ale také filmy a seriály, v nichž se můžeme setkat s nepravdivými, popř. nepřesnými informacemi z tohoto biologického oboru (Donovan & Venville, 2014).

2.3.1 Miskoncepce u žáků ZŠ

Žáci základních škol často špatně interpretují či chápou základní pojmy užívané v genetické terminologii (jako jsou např. DNA, gen, chromozom). V důsledku toho dané pojmy mohou používat v chybném kontextu (Cisterna et al., 2013; Kibuka-Sebitosi, 2007; Marbach- Ad & Stavy, 2000; Saka et al., 2006). Část žáků se domnívá, že se genetická informace u některých jednodušších organismů (bakterie, houby, nižší rostliny) nevyskytuje (Banet & Ayuso, 2000a; Mills Shaw et al., 2008a; Osman et al., 2017). Jiní si myslí, že se DNA nachází pouze v krvi (Donovan & Venville, 2012). Dále nejsou většinou schopni vysvětlit funkci genetické informace (Saka et al., 2006). Totéž platí i pro souvislost mezi genem a znakem (Marbach-Ad et Stavy, 2000), popř. proteiny jako finálními produkty genové exprese a původci znaků (Duncan et al., 2011). Mezi další miskoncepce vyskytující se u žáků základních škol patří přesvědčení, že člověk má více zděděných genů od toho rodiče, kterému je více podobný, či že dědíme více genů od rodiče stejného pohlaví (Cisterna et al., 2013; Donovan & Venville, 2012), což souvisí i s tím, že žáci nedokážou odlišit meiózu a mitózu (Chu, 2008; Saka et al., 2006; Williams et al., 2012).

2.3.2 Miskoncepce u žáků SŠ

Žáci středních škol díky podrobnější výuce genetiky vykazují lepší znalosti v pojmech a základních genetických procesech, nicméně se u nich často vyskytují podobné miskoncepce jako u žáků základních škol (Saka et al., 2006). Špatně chápou vzájemné vztahy mezi základními genetickými pojmy (gen, chromozom, DNA, alela) a nesprávně tyto pojmy definují (Banet & Ayuso, 2000a; Haambokoma, 2007; Mungsing, 1993; Vlckova et al., 2016). Určitá část žáků se domnívá, že některé organismy neobsahují genetickou informaci (Banet & Ayuso, 2000b; Mills Shaw et al., 2008b; Osman et al., 2017). Problémy v pochopení a interpretaci se týkaly opět buněčného dělení a s ním spojené mitózy, meiózy, rozchodu chromozomů (Lewis & Kattmann, 2004), stejně jako odlišení pohlavního a nepohlavního rozmnožování (Aldahmash et al., 2012). Někteří si myslí, že mutace v somatických buňkách jedince se přenese na jeho potomky (Mungsing, 1993). Časté je i přesvědčení, že různé buněčné typy v těle mají rozdílné tvary a funkce díky různé genetické informaci (Kılıç et al., 2016). Někteří žáci se domnívají, že každý znak je kódován vždy jen jedním genem. Relativně častou miskoncepcí je na jedné straně absence vlivu prostředí na fenotyp, na straně druhé vliv pouze genetické informace na všechny znaky organismu (Duncan & Reiser, 2007; Mills Shaw et al., 2008a). Miskoncepce žáků SŠ se týkají také složení a stavby DNA, např. si myslí, že je DNA jednovláknová či že je složena z chromozomů, jiní uvádí, že je tvořena proteiny (Dorji et al., 2017; Saka et al., 2006). Další pro žáky náročnou částí molekulární genetiky jsou principy a vzájemné souvislosti procesů v rámci genové exprese, resp. proteosyntézy. Většina žáků neví, jak je informace uložená v DNA přeložena do viditelné vlastnosti organismu, z čehož plyne i nízká úspěšnost v navazujících otázkách (porozumění významu DNA po celý život buňky/jedince) (Vlčková et al. 2016). Mnozí středoškolští žáci nebyli schopni uvést jednoduchý příklad využití genetiky v běžném životě, navzdory tomu, že právě to je hlavním cílem českého kurikula daného rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia RVP-G (Machová & Ehler, 2021; RVP, 2009). Neznalost centrálního dogmatu molekulární biologie byla potvrzena i u žáků v dalších zemí, jako např. Německo, Velká Británie, Izrael a Turecko (Lewis & Kattmann, 2004; Marbach-Ad & Stavy, 2000; Saka et al., 2006; Wood-Robinson et al., 2000).

2.3.3 Miskoncepce u studentů VŠ

Ukazuje se, že některé miskoncepce přetrvávají i u studentů vysokých škol (VŠ) (Gil-Perez & Carrascosa, 1990). Studenti VŠ používají relativně odbornější terminologii pro popis

genetických procesů a konceptů, aniž by ale přesně znali její význam (Saka et al. 2006). Chybují také v základní terminologii a konceptech, myslí si, že DNA je z chromozomů nebo z proteinů, za konečný produkt proteosyntézy považují aminokyseliny (Fisher, 1985; Ozcan et al., 2012; Saka et al., 2006). I část studentů VŠ se zaměřením na biologii si např. myslí, že různé buňky v organismu mají rozdílnou genetickou informaci, dále že některé živé organismy genetickou informaci nemají (Etobro & Banjoko, 2017; Smith & Knight, 2012). Společně s žáky základních a středních škol i studenti vysokých škol vysvětlují jevy především na buněčné úrovni, i když se jedná o jevy, které se projevují jak na submikroskopické (funkce nukleových kyselin, proteosyntéza), mikroskopické (geny, chromozomy, alely) tak i makroskopické (znaky) úrovni. S tím, jak na VŠ dochází k rozšiřování učiva genetiky, přibývají u studentů i nové miskoncepce (např. v pochopení principů mendelovského křížení či populační genetiky) (Etobro & Banjoko, 2017). Výjimkou co do výskytu miskoncepcí nejsou ani studenti učitelství biologie. V jejich případě existuje objektivní riziko, že budou své miskoncepce přenášet na žáky během výuky (Wubbels, 1992). Nedostatky v genetice projevila přibližně polovina sledovaného vzorku tureckých studentů učitelství biologie (Dikmenli, 2010). Je tedy podstatné klást důraz na správné pochopení genetických konceptů na všech stupních vzdělávání.

2.3.4 Miskoncepce ve veřejnosti

Chybné představy žáků a studentů následně u většiny přetrvávají do dospělosti a týkají se tedy široké veřejnosti, jak ukázali např. Lanieová et al. (2004), kteří se ptali na umístění genů v těle. Pouze třetina respondentů (34 %) odpověděla, že jsou v celém těle (tj. v každé buňce). Dále lidé odpovídali, že jsou jen v některých orgánech (krvi, srdci, pohlavních buňkách, kostech). Téměř 25 % respondentů jako lokalizaci genů v těle uvedlo pouze mozek.

Existuje řada testů zaměřených na genetiku a molekulární biologii (Bowling et al., 2008; Couch et al., 2015; McElhinny et al., 2014; M. K. Smith et al., 2008). To platí i pro Českou republiku, kde testy pokrývají základní genetické koncepty (dogma molekulární biologie, základní terminologii – alela, gen, chromozom, genetika v reálných situacích apod.) (Janštová & Lišková, 2020; Machová & Ehler, 2021; Vlčková et al., 2016). To sice umožní zjistit, kdo ví správnou odpověď na otázku a kdo ne, ale nikoli konkrétní úroveň pochopení daného konceptu žáky. Zároveň je nutno podotknout, že výše zmíněné testy zaměřené na genetiku jsou často specializované na užší téma (např. meióza, mitóza, Mendelovská dědičnost, populační genetika), nikoliv na celkové pochopení principů moderní genetiky. Kromě obsahového

zaměření jde i o jiné typy testů, jsou sestaveny z otázek s právě jednou správnou odpovědí, popř. vícero správnými odpověďmi, či jsou založeny na hodnocení pravdivosti jednotlivých tvrzení (Abraham et al., 2014a; Bowling et al., 2008; Kalas et al., 2013).

Aby bylo možné miskoncepcím předcházet a učit genetiku a molekulární biologii efektivně, je vhodné testováním zjišťovat aktuální znalosti o tématu a jeho pochopení žáky a na danou situaci dále navazovat při výuce. K tomu je potřeba mít nástroj ke zjištění úrovně pochopení tématu, např. test učebního pokroku. Tento typ testu dosud není v českém jazyce na téma molekulární biologie a genetiky k dispozici.

2.4 Mapa učebního pokroku

Mapa učebního pokroku (*„learning progression"*) je rámcem umožňujícím určit úroveň komplexního porozumění žáků dané problematice. Popisuje cesty, kudy se ubírá prohlubování porozumění danému tématu. Je definována nejspodnější („nováčkovskou") úrovní, nejvyšší („expertní") úrovní a dalšími úrovněmi mezi nimi (Duncan & Hmelo-Silver, 2009). Mapy učebního pokroku jsou navrhovány a revidovány na základě poznatků z praxe – evidence o probíhajícím získávání porozumění tématu (Osborne et al., 2016). V poslední dekádě se stala mapa učebního pokroku v zahraničí nedílnou součástí přírodovědného vzdělávání (Jin et al., 2019). Naproti tomu v českém kontextu je její využívání vzácné. Například vysokoškolští studenti oboru učitelství 1. stupně na Pedagogické fakultě Ostravské univerzity v rámci svých praxí pracovali s mapami učebního pokroku s cílem diagnostikovat úroveň a posun žáka v oblasti aritmetiky (Krpec, 2022). Scioškoly mají vypracované mapy učebního pokroku kromě čtenářské gramotnosti pro anglický jazyk, matematickou gramotnost či společenské vědy (Neckář, 2017).

2.4.1 Mapy učebního pokroku v genetice

Existuje několik map učebního pokroku zaměřených na genetiku (Duncan et al., 2009; Elmesky, 2013; Roseman et al., 2006), které jsou níže popsány. Dále je blíže vysvětlena mapa učebního pokroku Duncan et al. (2009), jelikož právě z ní vychází test sestavený Todd et al. (2017), jehož validace v českém jazyce je náplní této práce.

Mapa učebního pokroku Duncan et al. (2009) je věnována 5. až 10. ročníku

(v českém kontextu by odpovídal 5. ročník ZŠ až 1. ročník SŠ). Autoři vycházeli z mapy Roseman et al. (2006). Seřadili promyšlené úrovně porozumění napříč osmi hlavními myšlenkami popisujícími genovou expresi a variabilitu za účelem rozvoje kurikula. Neuvažovali ale o případném dopadu na výuku a potenciálních pedagogických implikacích. Duncan et al. (2009) tvrdí, že gramotnost v genetice je o neustálém propojování a současném porozumění všem třem modelům, které reflektují hlavní principy současného vědeckého poznání v oboru. První je model genetický, který je postaven hlavně na zákonech dědičnosti u pohlavně se rozmnožujících organismů. Druhý model, meiotický, je věnován rekombinaci genů v návaznosti na buněčné procesy, jejich roztřídění a přenosu z jedné generace na druhou. Třetí model je molekulární, spojující geny s jejich produkty. Duncan et al. (2009) kladou důraz na brzké zavedení těchto tří modelů v určité formě a jejich kontinuální přehodnocování a rozvíjení. Argumentují také tím, že žáci dokáží uvažovat o abstraktních pojmech, pokud je výuka vedená správně (NRC, 2007), takže pochopení abstraktních pojmů (např. geny, chromozomy) může být i pro žáky základních škol zvládnutelné (Venville & Donovan, 2007). Studie Roseman et al. (2006) je věnována pouze 9. až 12. ročníku (v českém kontextu by odpovídal 9. ročník ZŠ až 3. ročník SŠ). Autoři vytvořili mapu učebního pokroku za účelem zhodnocení molekulární genetiky v amerických učebnicích biologie, která vychází ze standardů definovaných *American Association for the Advancement of Science* (dále AAAS) a *Atlas of Science Literacy conceptual maps* od stejné asociace (AAAS, 1989, 1993) Ani Roseman et al. (2006) neuvažovali o případném dopadu na výuku a potenciálních pedagogických implikacích. Zavádí molekulární model před genetickým, tj. představují proteiny a DNA před zavedením pojmů gen a chromozom. Tento přístup zdůvodňují logičtějším a vývojově vhodnějším zavedením konkrétní fyzické entity (jako jsou DNA a proteiny) předtím, než jsou zmíněny abstraktnější pojmy (geny a alely).

Elmesky (2013) se zaměřuje mimo jiné i na předškolní vzdělávání, zahrnuje tedy celý dvanáctiletý vzdělávací proces (v českém kontextu by odpovídal 1. ročník ZŠ až 3. ročník SŠ). Zároveň má odlišný přístup ke konceptům vedoucím k porozumění genové exprese. Bere sice v úvahu AAAS standardy a *Atlas of Science Literacy conceptual maps* (AAAS, 1989, 1993), nicméně se k těmto dokumentům méně váže než mapy Roseman et al. (2006) a Duncan et al. (2009). Při tvorbě mapy učebního pokroku se zaměřila i na vývoj a šíření nástrojů k použití učiteli biologie ve výuce a pracovníky zajišťujícími další vzdělávání učitelů, aby se předešlo tvorbě miskoncepcí v oblasti genetiky.

2.4.1.1 Mapa učebního pokroku uplatněná při tvorbě použitého testu

Duncan et al. (2009) navrhli mapu učebního pokroku molekulární biologie a genetiky a určili osm klíčových konstruktů, které si žáci během studia biologie opakovaně osvojují a postupně zachází do větších detailů, čímž se pochopení hlavních principů prohlubuje a upevňuje (viz tabulka 1). Tyto konstrukty mimo jiné reflektují to, co by si podle devíti odborníků na genetiku a její výuku měli žáci osvojit v každé z oblastí genetiky (Venville & Donovan, 2005). Dále konstrukty zohledňují standardní obsah vyučované látky v rámci přírodních věd podle federálních amerických organizací zabývajících se mimo jiné přírodovědným vzděláváním ve smyslu např. realizování výzkumu a vývoje nástrojů a služeb pro učitele, výzkumníky a tvůrce strategií za účelem dosažení významných a trvalých zlepšení ve vzdělávacích systémech (AAAS, 1989, 1993; NRC, 1996).

Jako obsahový základ teoretického rámce vzali Duncan et al. (2009) návrh (Stewart et al., 2005), kteří zformulovali tři výše zmíněné integrované a vzájemně koordinované konceptuální modely (genetický, meiotický a molekulární), jež jsou podle nich nezbytné k pochopení genetických fenoménů. Tyto modely ještě v několika ohledech rozšířili o vnější prostředí a lokalizaci genetických procesů. Dále popsali, jak se může pochopení jednotlivých konceptů vyvíjet a co vůbec znamená těmto modelům rozumět.

Struktura mapy učebního pokroku pro molekulární biologii a genetiku navržené Duncan et al. (2009) byla inspirována mapou učebního pokroku atomové molekulární teorie (Smith et al., 2006). Je postavena na dvou základních otázkách, které by měly být motivujícím aspektem a napomáhat k formulacím konstruktů (autoři tímto termínem odkazují na tvorbu žákovských konceptů). První otázka: „Jak geny ovlivňují to, jak my i jiné organismy vypadáme a fungujeme?" se vypořádává s významem genetické informace a souvislostmi mezi geny a znaky. Druhá otázka zní „Proč se my i jiné organismy lišíme v tom, jak vypadáme a fungujeme?" a zahrnuje schopnost živých organismů přenášet svoji genetickou informaci na další generace, meiózu a pravděpodobnost zdědění určitého genu od rodičů. Ke každé otázce byly autory formulovány klíčové konstrukty, které jsou následně rozpracovány, jak je zobrazeno v tabulce 1. Klíčové konstrukty dále rozvíjejí teoretický rámec. Konstrukty A až D vycházejí z první otázky, konstrukty E až H vyplývají z otázky druhé.

Tabulka 1. Přehled konstruktů pro různé úrovně vzdělávání. Přeloženo a upraveno podle Duncan et al. (2009)

Klíčové konstrukty Duncan et al. (2009) (označení konstruktu v testu dle (Todd et al., 2017)	**5/6. ročník**	**7/8. ročník**	**9/10. ročník**
Všechny organismy mají hierarchicky uspořádanou genetickou informaci. (A)	Lidé, živočichové, rostliny, houby a bakterie mají geny (genetickou informaci) ve svých buňkách.	Genetická informace je v buňkách v chromozomech. Většina pohlavně se rozmnožujících organismů má dvě sady chromozomů. Všechny buňky jednoho organismu, kromě pohlavních buněk, mají dvě stejné sady chromozomů.	Geny jsou sekvence nukleotidů v molekule DNA. DNA tvoří chromozomy, které tvoří genom.
Dědičná informace obsahuje univerzální návod, který určuje strukturu proteinů. (B)	Geny nesou návod, podle kterého organismy rostou, vyvíjejí se a fungují.	Geny jsou návod pro molekuly (proteiny), které zajišťují funkce organismu. Všechny organismy používají stejný genetický kód pro svůj návod.	Sekvence nukleotidů je přeložena do sekvence aminokyselin, které tvoří protein. Téměř všechny organismy používají stejný genetický kód.
Proteiny hrají ústřední roli ve fungování všech živých organismů a přímo propojují geny a znaky. (C1)	Buňky musí zajistit mnoho základních životních funkcí. V rámci buňky mají organely různé funkce. Struktura buněk, tkání a orgánů určuje jejich funkci. Naše těla mají několik úrovní organizace a změny na jedné úrovni mohou způsobit změny na jiné úrovni.	Proteiny jsou jako malé stroje, které v buňce vykonávají práci. Mají tvary a vlastnosti, které umožňují jejich funkce. Jsou různé typy proteinů (např. enzymy, receptory…). Změny v genech mohou způsobit změny proteinů, které mohou ovlivnit jejich struktury a funkce v organismu.	Proteiny mají konkrétní prostorový tvar daný sekvencí jejich aminokyselin. Proteiny mají mnoho různých funkcí, které závisí na vlastnostech proteinů. Různé typy genetických mutací mohou ovlivnit strukturu a tím pádem i funkci proteinů a v důsledku toho znaky organismu.

Tabulka 1 pokračování. Přehled konstruktů pro různé úrovně vzdělávání. Přeloženo a upraveno podle Duncan et al. (2009)

Klíčové konstrukty Duncan et al. (2009) (označení konstruktu v testu (Todd et al., 2017)	**5/6. ročník**	**7/8. ročník**	**9/10. ročník**
Všechny buňky (myšleno jednoho organismu) mají stejnou genetickou informaci, ale různé buňky používají (exprimují) různé geny. (D)	Různé buňky mají některé společné a některé rozdílné struktury a funkce.	Různé buňky mají různé repertoáry proteinů. Proteiny provádějí základní („*housekeeping*“) i jedinečné buněčné funkce.	Všechny buňky (jednoho organismu) mají stejný genetický obsah, ale jednotlivé buňky regulují, které geny používají (exprimují).
Organismy se rozmnožují přenosem genetické informace do další generace. (E)	Všechny organismy se množí a přenáší svoji genetickou informaci na potomky. Buňky se dělí za vzniku nových buněk, které obsahují všechnu genetickou informaci mateřské buňky. U větších (a pohlavně se rozmnožujících) organismů předává do další generace každý ze dvou rodičů polovinu své genetické informace (potomek má každou polovinu genetické informace od jednoho z rodičů).	Před rozdělením buněk jsou sady chromozomů zdvojeny, následně vznikají dvě dceřiné buňky, každá s dvěma sadami chromozomů. U pohlavně se rozmnožujících organismů jsou procesem meiózy sady chromozomů náhodně vybrány do pohlavních buněk (právě jedna kompletní sada do každé pohlavní buňky).	Replikace DNA je přísně regulována, aby se předešlo chybám. Během procesu meiózy si mohou chromozomy z páru vyměnit úseky a vytvořit tak nové kombinace verzí genů na daném chromozomu. Tím je zvětšena genetická rozmanitost.
Existují vzory souvislostí mezi geny a znaky. Tyto vzory nastávají s danou pravděpodobností. (F)	Lišíme se v tom, jak rosteme a fungujeme. Konkrétní znaky mají různé varianty. Různé organismy mají různé verze znaku.	Jedinci mají dvě varianty každého genu, kterým říkáme alely. Každý z chromozomů v sadě nese jednu z alel. Jsou vzory souvislostí mezi alelami a výsledným znakem.	Varianty genu se liší sekvencí nukleotidů, to má (často) za výsledek rozdílný, nebo chybějící protein, což se projeví na našem fenotypu. Dominantní a recesivní vztahy mohou být v genetice vysvětleny na molekulární úrovni jako následek funkce a interakce produktů genů.

Tabulka 1 pokračování. Přehled konstruktů pro různé úrovně vzdělávání. Přeloženo a upraveno podle Duncan et al. (2009)

Klíčové konstrukty Duncan et al. (2009) (označení konstruktu v testu (Todd et al., 2017)	**5/6. ročník**	**7/8. ročník**	**9/10. ročník**
Změna genetické informace může změnit to, jak vypadáme a jak fungují naše buňky. Takováto různorodost v DNA může sloužit k rozlišení jednotlivců a druhů. (G2)	Různé organismy se liší ve vzhledu a funkci, protože mají různou genetickou informaci. I v rámci skupiny organismů (jednoho druhu) jsou znaky různorodé.	Genetická informace se někdy může změnit. Změny genetické informace mohou způsobit změnu struktury a funkce proteinů. Některé změny mohou být pro organismus v daném prostředí prospěšné, jiné škodlivé, nebo neutrální. Chromozomy jako X a Y se také liší mezi chlapci a děvčaty.	Mutace (náhodné změny) DNA jsou zdrojem genetické rozmanitosti. Některé sekvence DNA se liší mezi druhy, jiné ne, takže některé geny sdílíme s dalšími druhy (jako myši, mouchy atd.). Sekvence DNA se mohou lišit mezi jednotlivci, což umožňuje jedince podle DNA rozlišit.
Prostředí může interagovat s (naší) genetickou informací. (H)	Prostředí může ovlivnit naše znaky. I organismy, které jsou navzájem příbuzné, mohou vypadat nebo se chovat odlišně.	Prostředí může ovlivnit fungování buněk prostřednictvím typu a množství proteinů.	Charakteristiky prostředí mohou způsobit mutace genů, nebo změnit jejich expresi.

Autory navržená verze (Duncan et al. 2009) je nadále aktualizována a upravována na základě dat z výuky genetiky (Castro-Faix et al., 2021; Shea & Duncan, 2013; Todd, 2013; Todd & Kenyon, 2016).

Revize Castro-Faix et al. (2021) spočívala v rozdělení konstruktu E na dva nové (první se věnuje fyzické cestě genetické informace, druhý roli pohlavních buněk). Dále vytvořili nové úrovně v konstruktech A a F. Pro konstrukt A byly nižší úrovně rozšířeny o představy o lokalizaci DNA v buňkách a o představy o složení DNA. V konstruktu F přidali k již existujícím úrovním kodominanci a neúplnou dominanci, viz tabulky 2-4.

Tabulka 2. Upravené znění konstruktu E podle revizí Castro-Faix et al. (2021)

Úroveň učebního pokroku	**Subkonstrukt E**	**Popis subkonstruktů E pro jednotlivé úrovně**
0	E1: fyzická cesta genetické informace	Žáci neznají mechanismus vysvětlující, jak se geny předávají mezi generacemi. Žáci mohou předpokládat, že k přenosu genů může dojít mezi členy širší rodiny bez přímého zapojení rodičů.
	E2: role pohlavních buněk	Žáci mohou chápat reprodukci tak, že zahrnuje předávání somatické buňky (z každého orgánu) potomkům nebo homunkulům. Myslí si, že pohlavní buňky jsou stejné jako somatické buňky. Žáci nerozumí úloze pohlavních buněk.
1	E1: fyzická cesta genetické informace	Žáci rozumí, že genetická informace je předávána na další generace a že dědičnost zahrnuje rodiče předávající geny na své děti.
	E2: role pohlavních buněk	Žáci ví, že pohlavní buňky se liší od somatických buněk, nemusí být ale schopni vysvětlit, v čem se přesně liší.
2	E1: fyzická cesta genetické informace	Žáci ví, že rodiče rovnoměrně přispívají (genetickým materiálem) svým potomkům. To neznamená, že žáci ví, že příspěvkem je myšlena polovina sady chromozomů.
	E2: role pohlavních buněk	Žáci ví, že vajíčko a spermie mají úlohu v dědičnosti. Žák zmiňuje pouze pohlavní buňky, i když by měl mít na mysli geny (a znaky) na pohlavních chromozomech.
3	E1: fyzická cesta genetické informace	Žáci ví, že během reprodukce každý rodič přispívá polovinou celkové sady (n) chromozomů. Zároveň prokazuje slabé či žádné porozumění meióze.
	E2: role pohlavních buněk	Žáci ví, že geny a jejich formy (alely) všech znaků jsou děděny pomocí pohlavních buněk.
4	spojení E1 a E2	Žáci mají integrovaný pohled na fyzickou cestu genetické informace a roli pohlavních buněk. Vědí, že během reprodukce každý rodič přispívá polovinou svých chromozomů (n). Tím se zachová počet chromozomů v potomstvu jako celá sada (2n). Proces meiózy rozděluje počet chromozomů na polovinu a náhodně distribuuje polovinu sady do každé výsledné pohlavní buňky.
5	rekombinace genetické informace při meióze	Žáci ví, že během meiózy může dojít k výměně částí chromozomů, což vede k novým kombinacím a zvýšené genetické variabilitě.

Tabulka 3. Upravené znění konstruktu A podle revizí Castro-Faix et al. (2021)

Úroveň učebního pokroku	Znění konstruktu A pro jednotlivé úrovně
0	Žáci rozumí tomu, že geny jsou v některých buňkách, ale ne ve všech.
1	Žáci ví, že DNA, geny a chromozomy jsou v buňkách.
2	Žáci chápou, že DNA a geny spolu souvisí. Měli by vědět, že se nachází na chromozomech.
3	Žáci rozumí, že gen je úsek DNA, která utváří chromozom.
4	Studenti rozumí organizaci DNA-gen-chromozom, a že DNA je z nukleotidů.

Tabulka 4. Upravené znění konstruktu F podle revizí Castro-Faix et al. (2021)

Úroveň učebního pokroku	Znění konstruktu F pro jednotlivé úrovně
0	Znaky jsou dědičné. Existují různé formy pro každý znak (barva očí: modrá, hnědá atd.).
1	Geny kódují i znaky, které nemůžeme vidět. Pochopení dědičnosti s úplnou dominancí.
2	Pro každý znak existují dvě alely.
3	Porozumění dědičnosti vázané na pohlaví.
4	Porozumění kodominanci a neúplné dominanci.

Úpravy Todd (2013) jsou založeny na empirických datech, jelikož mapa Duncan et al. (2009) je hypotetická, nebyla testována v praxi na žácích. Žáci 10. ročníku dosahují velmi nízké úrovně v pretestu před výukou a během výuky genetiky postupují v každém konstruktu přes úrovně definované Duncan et al. (2009). Proto bylo při revizích Todd (2013) přidáno do každého konstruktu několik nových nižších a středních úrovní. Dále byly dva konstrukty (C, G) rozděleny každý do dvou nových, protože oba obsahovaly více principů, které nemohly být jednoznačně hodnoceny společně. Byl přidán jeden zcela nový konstrukt (I) o mutacích a jejich přenosu na potomky inspirovaný mapou Roseman et al. (2006), jenž nebyl obsažen v mapě Duncan et al. (2009). Todd (2013) jako první empiricky testuje, reviduje a upřesňuje všechny konstrukty Duncan et al. (2009).

Todd & Kenyon (2016) při revizích upravili čtyři (A, B, C a D) z celkových osmi konstruktů mapy Duncan et al. (2009), které se soustředí na molekulární model genetiky, viz tabulky 5-9. Revize zahrnují přidání žákovských nápadů, které byly získány během rozhovorů. Ty autoři považují za důležité koncepční odrazové můstky v každém konstruktu. Dalšími úpravami bylo rozdělování a kombinování úrovní, přesouvání nápadů do jiných konstruktů, změna koncepčního postupu konstruktu a rozdělení konstruktu. Částečně autoři vychází z revizí Shea & Duncan (2013). Ze získaných dat autoři tvrdí, že by se při výuce měl klást větší důraz na proteiny, a to konkrétně na to, jak jsou vytvářeny, jaké jsou jejich funkce a za jakých podmínek buňky exprimují různé proteiny (Todd & Kenyon 2016).

Tabulka 5. Revize konstruktu A podle Todd & Kenyon (2016)

Původní mapa (Duncan et al. 2009)	**Popis úrovní**	**Revidovaná mapa (Todd & Kenyon 2016)**	**Popis úrovní**
		úroveň 0 - **nově**	Žádné vztahy mezi koncepty (DNA, genem, nukleotidem, buňkou, genomem a chromozomem).
		úroveň 1 - **nově**	Všechny vztahy mezi koncepty jsou špatně.
5./6. ročník (úroveň 1)	Lidé, živočichové, rostliny, houby a bakterie mají geny (genetickou informaci) ve svých buňkách. →	úroveň 2	Správné vztahy mezi 2 koncepty.
7./8. ročník (úroveň 2)	Genetická informace je v buňkách v chromozomech. Většina pohlavně se rozmnožujících organismů má dvě sady chromozomů. Všechny buňky jednoho organismu, kromě pohlavních buněk, mají stejné dvě sady chromozomů. →	úroveň 3	Správné vztahy mezi 3-4 koncepty.
		úroveň 4 - **nově**	Správné vztahy mezi 5 koncepty.
9./10. ročník (úroveň 3)	Geny jsou sekvence nukleotidů v molekule DNA. DNA tvoří chromozomy, které tvoří genom. →	úroveň 5	Správné vztahy mezi všemi 6 koncepty.

Tabulka 6. Revize konstruktu B podle Todd & Kenyon (2016)

Mapa (Duncan et al. 2009)	**Popis úrovní**	**Revidovaná mapa (Todd & Kenyon 2016)**	**Popis úrovní**
		úroveň 0	Žádné znalosti o genech.
		úroveň 1	Geny nenesou žádnou biologickou informaci.
		úroveň 2	Geny nesou biologickou informaci. Obsahují návod pro tělo či „řeknou" tělu, co má dělat.
5./6. ročník (úroveň 1)	Geny nesou návod, podle kterého organismy rostou, vyvíjejí se a fungují. →	úroveň 3	Geny obsahují návod, který „řekne" tělu, jak má růst, fungovat a vyvíjet se na různých úrovních hierarchie (buňky, tkáně, orgány)
7./8. ročník (úroveň 2)	Geny jsou návod pro molekuly (proteiny), které zajišťují funkce organismu. Všechny organismy používají stejný genetický kód pro svůj návod. →	úroveň 4	Geny kódují molekuly, aminokyseliny či proteiny (tj. subbuněčné entity), které v buňkách vykonávají různé funkce.
		úroveň 5 - **nově**	Geny kódují proteiny, které jsou sestaveny z aminokyselin. Na této úrovni žáci nerozumí procesu translace.
9./10. ročník (úroveň 3)	Sekvence nukleotidů je přeložena do sekvence aminokyselin, které tvoří protein. Téměř všechny organismy používají stejný genetický kód. →	úroveň 6	Sekvence nukleotidů je přeložena do sekvence aminokyselin, které tvoří protein. (Na této úrovni žáci rozumí procesu translace.)

Tabulka 7. Revize konstruktu C podle Todd & Kenyon (2016) - první část

Mapa (Duncan et al. 2009)	**Popis úrovní**	**Revidovaná mapa (Todd & Kenyon 2016)**	**Popis úrovní**
		úroveň 0 - **nově**	Žádná znalost o proteinech a buňkách.
5./6. ročník (úroveň 1)	Buňky musí zajistit mnoho základních životních funkcí. V rámci buňky mají organely různé funkce. Struktura buněk, tkání a orgánů určuje jejich funkci. Naše těla mají několik úrovní organizace a změny na jedné úrovni mohou způsobit změny na jiné úrovni.	úroveň 1	Buňky jsou jednou ze základních úrovní tělní organizace. Mohou vykonávat konkrétní funkce. (Na této úrovni žáci rozumí úloze buněk, ale ne proteinů.)
		úroveň 2 - **nově**	Proteiny jsou prospěšné pro naše zdraví. Bez nich by se naše zdraví obecně zhoršilo.
7./8. ročník (úroveň 2)	Proteiny jsou jako malé stroje, které v buňce vykonávají práci. Mají tvary a vlastnosti, které umožňují jejich funkce. Jsou různé typy proteinů (např. enzymy, receptory...). Změny v genech mohou způsobit změny proteinů, které mohou ovlivnit jejich struktury a funkce v organismu.	úroveň 3	Funkce proteinů je závislá na jejich struktuře. Proteiny v buňce vykonávají funkce. Nejsou dány žádné příklady toho, jak funkce proteinu (či jeho nedostatek) přispívá ke genetickému fenoménu. Na této úrovni žáci rozumí, že proteiny vykonávají funkce v buňkách, ale nejsou schopni vysvětlit, jak je aktivita proteinů přenesena do znaků.
		úroveň 4 - **nově**	Funkce proteinů je závislá na jejich struktuře. Jsou dány konkrétní příklady toho, jak funkce proteinu (či jeho nedostatek) přispívá ke genetickému fenoménu. Na této úrovni jsou žáci schopni vysvětlit, jak je aktivita proteinů přenesena do znaků.
9./10. ročník (úroveň 3)	Proteiny mají konkrétní prostorový tvar daný sekvencí jejich aminokyselin. Proteiny mají mnoho různých funkcí, které závisí na vlastnostech proteinů. Různé typy genetických mutací mohou ovlivnit strukturu a tím pádem i funkci proteinů a v důsledku toho znaky organismu.	úroveň 5	Struktura a funkce proteinů je závislá na vlastnostech aminokyselin, které je tvoří. Na této úrovni žáci rozumí, že prostorový tvar a funkce jsou dány sekvencí aminokyselin.

Tabulka 8. Revize konstruktu C podle Todd & Kenyon (2016) - druhá část

Mapa (Duncan et al. 2009)	**Popis úrovní**	**Revidovaná mapa (Todd & Kenyon 2016)**	**Popis úrovní**
		úroveň 0 - **nově**	Není vztah mezi geny a znaky.
5./6. ročník (úroveň 1)	Buňky musí zajistit mnoho základních životních funkcí. V rámci buňky mají organely různé funkce. Struktura buněk, tkání a orgánů určuje jejich funkci. Naše těla mají několik úrovní organizace a změny na jedné úrovni mohou způsobit změny na jiné úrovni.	→ úroveň 1	Změny v genech mohou změnit návod či znaky.
		→ úroveň 2	Změny v genech mohou změnit buňky, geny „řeknou“ buňkám, co mají dělat, tj. změna buněk se může, ale nemusí projevit.
		úroveň 3 - **nově**	Změny v genu změní proteiny (není zmínka o vztahu protein-znak).
7./8. ročník (úroveň 2)	Proteiny jsou jako malé stroje, které v buňce vykonávají práci. Mají tvary a vlastnosti, jež umožňují jejich funkce. Jsou různé typy proteinů (např. enzymy, receptory…). Změny v genech mohou způsobit změny proteinů, které mohou ovlivnit jejich struktury a funkce v organismu.	→ úroveň 4	Změna v genu změní proteiny, což změní znaky (bez vysvětlení jak).
		úroveň 5 - **nově**	Změna v genu může změnit sekvenci aminokyselin tvořící proteiny (bez naznačení, že funkce se může změnit).
9./10. ročník (úroveň 3)	Proteiny mají konkrétní prostorový tvar daný sekvencí jejich aminokyselin. Proteiny mají mnoho různých funkcí, závisejících na vlastnostech proteinů. Různé typy genetických mutací mohou ovlivnit strukturu a tím pádem i funkci proteinů a v důsledku toho znaky organismu.	→ úroveň 6	Změna v genu může změnit funkci proteinu a nakonec i znaky.

Tabulka 9. Revize konstruktu D podle Todd & Kenyon (2016)

Mapa (Duncan et al. 2009)	**Popis úrovní**	**Revidovaná mapa (Todd & Kenyon 2016)**	**Popis úrovní**
		úroveň 0 - **nově**	Žádné vysvětlení, proč jsou buňky různé.
		úroveň 1 - **nově**	Buňky jsou různé, protože jsou na různých místech těla.
5./6. ročník (úroveň 1)	Různé buňky mají některé společné a některé rozdílné struktury a funkce. →	úroveň 2	Specializované buňky jsou různé, protože mají určité funkce.
		úroveň 3 - **nově**	DNA dává návod specializovaným buňkám, aby byly různé (může a nemusí indikovat, že různé geny jsou v různých buňkách).
7./8. ročník (úroveň 2)	Různé buňky mají různé soubory proteinů. Proteiny provádějí základní („*housekeeping*“) i jedinečné buněčné funkce. →	úroveň 4	Různé buňky mají různé soubory proteinů pro jejich různé funkce (může a nemusí indikovat, že buňky mají různou DNA).
		úroveň 5 - **nově**	Somatické buňky mají stejnou DNA, ale různé proteiny (bez vysvětlení, jak to funguje).
9./10. ročník (úroveň 3)	Všechny buňky (jednoho organismu) mají stejný genetický obsah, ale jednotlivé buňky regulují, které geny používají (exprimují). →	úroveň 6	Somatické buňky mají stejnou DNA, ale exprimují různé geny pro tvorbu nezbytných proteinů, což je specifické pro konkrétní buněčný typ.

2.5 Test učebního pokroku

Úrovně v mapě učebního pokroku mohou určit, do jaké míry žáci konkrétní problematice rozumí, resp. kognitivní úroveň, na které se žáci nachází. Pokud je test učebního pokroku použit jako pretest pro určení úrovně pochopení tématu před výukou, umožní i plánovat výukové sekvence, které žákům systematicky dávají příležitosti zvládnout každou vyšší kognitivní úroveň v průběhu učení. Jako posttest po proběhlé výuce ověří její efektivitu a učební pokrok v dané tematice. Test učebního pokroku je tvořen, na rozdíl od běžných testů,

v nichž je právě jedna odpověď správná, souborem odpovědí, z nichž ani jedna není principiálně špatně. Jednotlivé odpovědi odpovídají různým kognitivním úrovním s postupně se zvyšující komplexitou (cílí na vyšší úroveň porozumění) (Corcoran et al., 2009).

Test učebního pokroku *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017), jehož český překlad „Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice“ a následná validace je cílem této diplomové práce, obsahuje několik nových položek, většina jich ale byla převzata a upravena z již existujících testových položek (Todd, 2013; Todd & Kenyon, 2016) a z *Genetics Literacy Assessment Instrument* (GLAI), testu o 31 položkách s více možnými správnými odpověďmi pokrývajícími 17 formulovaných konceptů, podle něhož se hodnotí znalosti v genetice (Bowling et al., 2008). Předchozím výzkumem bylo ukázáno, že test učebního pokroku *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* je relevantním a spolehlivým nástrojem umožňujícím měřit míru porozumění genetickým konstruktům a úroveň, na které se žák na mapě učebního pokroku u těchto konstruktů nachází (Todd et al., 2017). Poskytuje na jedné straně kvantitativní měření míry porozumění žáků genetice, na straně druhé také kvalitativně popisuje, jak moc žáci rozumí autory formulovaným konstruktům (Todd et al., 2017). Tento test učebního pokroku většinou netestuje teoretické znalosti, ale jejich aplikace do konkrétních situací z důvodu podpory vědeckého uvažování a dovedností. Jak ukázal Uminski et al. (2024), je těchto otázek podporujících vědecké uvažování zahrnuto v biologických testech velmi málo. Proto jsem si ho zvolil jako vhodný nástroj pro překlad do českého jazyka.

Znalosti a principy genetiky testované nástrojem *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017) vycházejí z 12 konstruktů navržených autorkami Shea a Duncan (2013), Todd (2013), které dále upravily Todd a Kenyon (2016). Test je průběžně revidován (Todd et al., 2022). Tyto konstrukty popisují jednotlivé oblasti moderní genetiky. V testu je každý konstrukt reprezentován trojicí položek. Většina položek má 6 úrovní odpovědí, některé pouze 5 nebo 4, viz tabulky 10 a 11. Celkem test obsahuje 36 testových položek. Jednotlivé úrovně nejsou principiálně špatně, ale odpovídají různým kognitivním úrovním s postupně se zvyšující komplexitou (s výjimkou otázek 1, 2, 3, 10, 14, a 32) (Todd et al., 2017).

Tabulka 10. Přehled 12 konstruktů, ze kterých vycházejí položky v testu. Přeloženo podle Todd et al. (2017)

Označení konstruktu	Znění konstruktu	Počet úrovní	Položky v testu
A	Genetická informace je hierarchicky uspořádaná.	6	1-3
B	Geny kódují proteiny.	6	4-6
C1	Proteiny vykonávají buněčnou práci.	5	7-9
C2	Proteiny spojují geny a znaky.	6	10-12
D	Buňky exprimují rozdílné geny.	6	13-15
E	Genetická informace je předávána na potomky.	5	16-18
F	Existují vzory vztahů a korelací mezi geny a znaky.	5	19-21
G1	DNA se liší mezi druhy i v rámci nich.	6	22-24
G2	Změny v genetické informaci mohou mít za následek zvýšenou variabilitu a mohou pohánět evoluci.	5	25-27
H	Životní prostředí interaguje s genetickou informací.	6	28-30
I	Jen mutace v gametách mohou být předány na potomky.	4	31-33
J	Exprese genů se může změnit kdykoliv během života jedince.	4	34-36

Tabulka 11. Přehled jednotlivých úrovní ke konstruktům. Přeloženo podle Todd et al. (2017)

Konstrukt /Úroveň	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
A	Existuje vztah mezi DNA, genem, nukleotidem, buňkou, genomem a chromozomem, ale konkrétní vztahy všechny špatně.	Vztah mezi dvěma pojmy správně.	Vztahy mezi třemi pojmy správně.	Vztahy mezi čtyřmi pojmy správně.	Vztahy mezi pěti pojmy správně.	Vztahy mezi všemi pojmy správně.
B	Geny nenesou žádnou informaci.	Geny nesou informaci.	Geny dávají pokyny tělu na různých úrovních organizace.	Geny kódují součásti buňky.	Geny kódují proteiny.	Informace v genech je přeložena do proteinů.
C1	Buňky vykonávají funkce.	Proteiny jsou prospěšné pro naše tělo.	Proteiny vykonávají práci v buňce.	Funkce proteinu závisí na jeho struktuře.	Struktura a funkce proteinu závisí na jeho aminokyselinovém složení.	-
C2	Změny v genech změní znaky.	Změny v genech změní buňky.	Změny v genech změní proteiny.	Změny v genech změní proteiny, což změní znaky.	Změny v genech změní aminokyseliny v proteinech.	Změny v genech změní funkce proteinů, což změní znaky.
D	Buňky se liší, protože jsou na různých místech v těle.	Buňky se liší, protože mají v těle různé funkce.	DNA „říká" buňkám, aby byly různé.	Různé buňky obsahují různé proteiny k plnění jejich funkcí.	Somatické buňky mají stejnou dna, ale různé proteiny.	Somatické buňky mají stejnou DNA, ale exprimují různé proteiny.
E	Organismy mohou dostat znaky jen od rodičů.	Potomci dostávají polovinu DNA od každého z rodičů.	Alely jsou náhodně rozděleny.	Chromozomy jsou náhodně rozděleny.	Chromozomy si mohou vyměnit úseky DNA, což zvyšuje genetickou variabilitu.	-

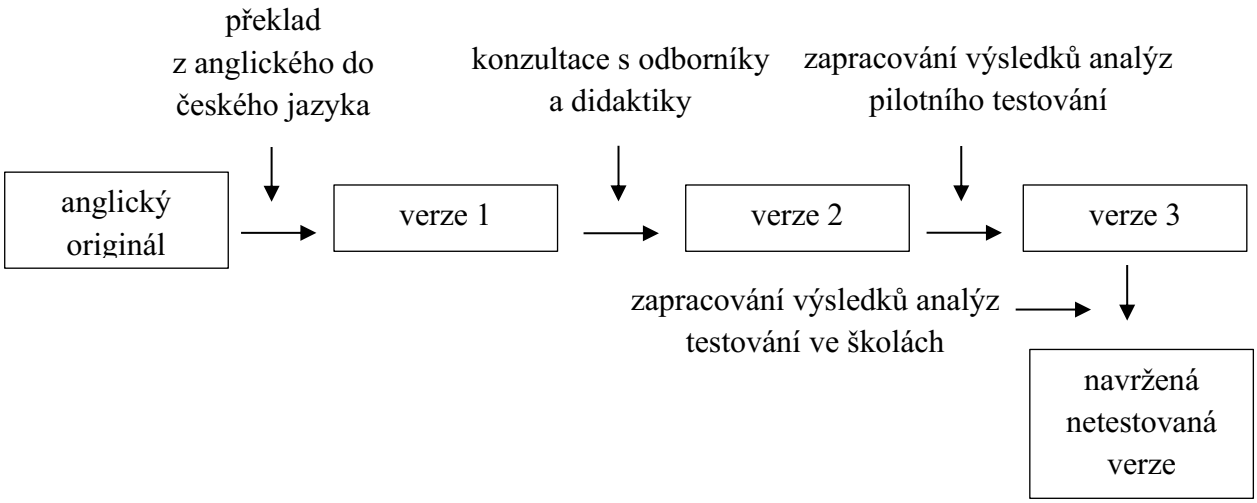
Tabulka 11 pokračování. Přehled jednotlivých úrovní ke konstruktům. Přeloženo podle Todd et al. (2017)

Konstrukt /Úroveň	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
F	Organismy mají různé verze znaků.	Znaky rodičů se mohou míchat či soutěžit o předání potomkům.	Organismy obdrží po jedné alele od každého z rodičů a znaky tak mohou být predikovány.	Alely se liší v sekvencích, což ovlivní proteiny a znaky získají variabilitu.	Úroveň 4 + dominantní a recesivní vztahy mohou být vysvětleny interakcí mezi proteiny.	-
G1	Organismy mají různé znaky nebo funkce.	Organismy mají odlišnou DNA.	Organismy mají odlišnou DNA i v rámci druhu.	Organismy téhož druhu mají část DNA stejnou, část odlišnou.	Organismy různých druhů mají část DNA stejnou, část odlišnou.	Čím víc je DNA mezi druhy konzervovaná, tím je produkt genu důležitější.
G2	Druhy vypadají a fungují odlišně.	Organismy různých druhů vypadají a fungují odlišně.	Změny v organismu mohou být prospěšné, či škodlivé.	Změny DNA mohou být prospěšné, neutrální, či škodlivé a mohou změnit strukturu/funkci proteinu.	Změny DNA vedou ke zvýšené genetické variabilitě a evoluci.	-
H	Životní prostředí může organismy ovlivňovat.	Životní prostředí může ovlivňovat znaky a funkce.	Životní prostředí může ovlivňovat naše buňky, orgány a/nebo tkáně.	Životní prostředí může změnit nebo mutovat části buněk („věci v buňkách").	Životní prostředí může měnit typ a množství proteinů, což ovlivní funkci buňky.	Životní prostředí může měnit geny, což změní proteiny či expresi genů.
I	Změna znaku může být předána potomkovi.	Mutace DNA může být předána potomkovi.	Jen mutace v pohlavních buňkách mohou být předány potomkovi.	Úroveň 3 + mutace v somatických buňkách jsou předávány dceřiným buňkám.	-	-
J	Exprese genů není regulována ani kontrolována, nemění se.	Geny mohou být během vývoje aktivovány.	Geny mohou být aktivovány, či vypnuty jen během klíčových fázích života jedince.	Exprese genů se může měnit kdykoliv během života jedince.	-	-

3. Metodika práce

V této kapitole popisuji, jak jsem postupoval při vypracování své diplomové práce. Jednotlivé kroky jsou v úvodu shrnuty a podrobněji popsány v jednotlivých podkapitolách, shrnuje je obrázek 1.

Test učebního pokroku jsem si vybral proto, že není obecně v českém prostředí využíván, a přitom poskytuje více informací než běžně používané typy testů či úloh. Zvolil jsem si téma molekulární biologie a genetiky, ke kterému je publikován test učebního pokroku *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* od Todd et al. (2017), viz příloha 1. V následujících podkapitolách jsou podrobněji popsány jednotlivé fáze validace testu (původ nástroje, tvorba českého překladu, pilotní testování a zpracování získaných dat). Postup práce vycházel z TRAPD metodiky (překlad, revize, posouzení správnosti, předběžné testování, průběžná dokumentace) (Harkness et al., 2004).



Obrázek 1. Schéma validace testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

Tento test jsem přeložil z anglického do českého jazyka. Následně byl český překlad v několika fázích validován. Můj překlad, verze 1 (viz příloha 2), byl zaslán odborníkům a didaktikům, kteří posoudili jeho obsahovou a formulační správnost. Jejich připomínky byly zapracovány za vzniku verze 2 (viz příloha 3). Verze 2 byla dále v rámci pilotního testování zaslána potenciálním uchazečům o studium na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, kteří se účastnili „Přijímacích zkoušek z biologie nanečisto” v roce 2022 a kteří na bázi dobrovolnosti test vyplnili, komentovali srozumitelnost jednotlivých položek a přinášeli další

podněty k úpravám jejich znění. Jejich připomínky byly opět zapracovány. Společně s nimi byly zohledněny i výsledky analýz, čímž vznikla verze 3 (viz příloha 4). Verze 3 byla testována na vybraných gymnáziích a v přípravném kurzu Olinium na lékařské fakulty. Po analýze dat získaných testováním verze č. 3 na gymnáziích vznikla navržená již dále netestovaná verze testu (viz příloha 5).

3.1 Příprava výzkumného nástroje

Vybral jsem si test učebního pokroku *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* od Todd et al. (2017), viz kap. 2.5 a příloha 1. Test jsem doplnil o sadu demografických položek týkajících se na základě předchozích studií budoucího oborového zaměření studia, absolvování biologických seminářů (Weinburgh, 1995), odhadovaného času věnovaného molekulární biologii a genetice v hodinách biologie dosavadního studia, metod a pomůcek využitých při výuce těchto témat (využívání powerpointových prezentací, animací, obrázků a schémat, zakoupených či přímo žáky vyrobených modelů, např. DNA, počítání příkladů na Mendelovskou dědičnost, práce s učebnicí, ve skupinách, diskuze, výklad vyučujícího, samostudium) (Lewalter, 2003; Marbach-Ad et al., 2008; Rotbain et al., 2006). Další byly otázky zaměřené na subjektivní názor důležitosti tohoto oboru pro běžný život (Florianová, 2015) a účasti v přírodovědně zaměřených soutěžích (Abernathy & Vineyard, 2001) (viz příloha 6).

3.2 Překlad testu

V první fázi jsem přeložil nástroj *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017) z anglického originálu do českého jazyka (jako „Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice”, viz příloha 2). Tato verze 1 byla po konzultaci se školitelkou odeslána k odbornému, lingvistickému a didaktickému posouzení odbornici na molekulární biologii a genetiku z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy RNDr. Olze Rothové, Ph.D., dále didaktikům z Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy, kteří se věnují molekulární biologii a genetice (jmenovitě: PhDr. Karel Vojíř, Ph.D., RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D. a Mgr. et. Mgr. Markéta Klimešová, Ph.D.). Zapracováním jejich připomínek vznikla verze 2 (viz příloha 3).

3.3 Fáze testování

Všichni respondenti test ve všech verzích vyplňovali anonymně v on-line podobě na osobních mobilních telefonech, popř. na školních tabletech, a to v aplikaci 1ka.si[1] (aplikace pro administraci online dotazníků). Pořadí testových položek a jednotlivých odpovědí bylo pozměněno, aby obtížnější a zadáním delší položky nenásledovaly po sobě a odpovědi nebyly uspořádány vzestupně na škále správnosti.

3.3.1 Pilotní testování

Verze 2 byla zaslána potenciálním uchazečům o studium biologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, kteří se účastnili „Přijímacích zkoušek z biologie nanečisto" na jaře 2022. Kromě vyplnění testu byli tito respondenti vyzváni k tomu, aby poskytli zpětnou vazbu zaměřenou na porozumění položkám a jejich jednotlivým distraktorům. Mohli navrhnout změny formulací, aby položky byly srozumitelnější. Pokud byly podněty relevantní, byly zapracovány do další verze testu. Zároveň jsem objevil další verzi testu (Todd & Romine, 2016), v níž bylo jiné znění položek č. 14, 15, 18, 20, 23, 27, 35 a 36 než ve výchozí verzi. Drobné úpravy byly u položek č. 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 16, 19 a 21. Tyto změny jsem rovněž zapracoval do další verze testu. Tím bylo, v kombinaci se zapracováním výsledků statistické analýzy (viz kap. 3.5), dosaženo odborně správného, pro žáky srozumitelného zadání. Na základě toho vznikla verze 3 (viz příloha 4), se kterou byla následně provedena další fáze validace testu ve školách.

3.3.2 Testování ve školách

Další testování bylo realizováno na gymnáziích (dostupný výběr), viz tabulka 12. Osloveno bylo 14 vyučujících biologie, 10 z nich se zapojilo. Komunikace s nimi probíhala prostřednictvím e-mailu, popř. osobně (s 6 vyučujícími proběhlo osobní setkání). Účastnícím se školám (resp. učitelům biologie na daných školách) byl zaslán test učebního pokroku společně s instrukcemi, jak testování uskutečnit (QR kód, odkaz na test, princip testu, odhadovaný čas testování, způsob vyplňování).

[1] https://www.1ka.si/d/sl

Tabulka 12. Gymnázia, jejichž žáci se zúčastnili testování

Pražská gymnázia	Počet tříd	Mimopražská gymnázia	Počet tříd
Arcibiskupské gymnázium	2 septimy	Masarykovo gymnázium, Plzeň	1 seminář
Gymnázium Christiana Dopplera	2 septimy	Gymnázium Roudnice nad Labem	1 septima
Gymnázium Botičská	1 oktáva	Gymnázium U Balvanu, Jablonec nad Nisou	1 septima
Malostranské gymnázium	2 septimy	Gymnázium Teplice	2 maturitní semináře
Gymnázium Arabská	1 septima a 1 seminář		
Gymnázium Jana Nerudy	2 septimy a 1 seminář		

Respondenty byli žáci gymnázií, kteří v daném ročníku (školní rok 2022/2023) absolvovali výuku genetiky a molekulární biologie v hodinách biologie. Test vyplňovali během jedné z vyučovacích hodin biologie. Nejčastěji šlo o žáky septim (popř. třetích ročníků vyššího gymnázia), na některých školách o žáky odborně zaměřených seminářů či maturitního ročníku (tabulka 12).

Kromě žáků z oslovených gymnázií byli součástí testování rovněž žáci z přípravných kurzů na lékařské fakulty (Olinium).

Tato data byla statisticky analyzována (viz dále) a vedle vlastní interpretace výsledků jsem na jejich základě korigoval dílčí nedostatky českého překladu testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice. Vznikla tak verze 4 (viz příloha 5) českého překladu nástroje *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017), která je určena a doporučena pro budoucí výzkumy.

3.4 Příprava dat

Data byla z online nástroje 1ka.si stažena a zpracována ve formátu Excel. Příprava dat k následné analýze spočívala v obodování jednotlivých položek v testu podle metodiky Todd et al. (2017). Položky 1-3 jsou vyhodnocovány společně, protože obsahují různé

kombinace vztahů mezi základními pojmy užívanými v genetice. Zároveň jsem, v souladu s metodikou aplikovanou tvůrci originálního testu, přihlížel k míře jistoty (možnosti: Hádám. - Nejsem si jistý/á. - Jsem si jistý/á. - Jsem si hodně jistý/á.), kterou žáci zaznamenávali pro odpověď každé testové položky. V případě, že označili možnost „Hádám.", byla položka hodnocena za nula bodů bez ohledu na to, kterou odpověď zvolili.

Kromě bodů a celkových skóre bylo potřeba pro některé metody položkové analýzy určit hraniční skóre (*cut-off score*), které bylo v tomto případě chápáno jako úroveň, jíž by měl absolvent gymnázia dosáhnout. Stupňované bodové ohodnocení, které je ve stavbě testu použito, vychází z konceptu učebního pokroku, kdy (až na výjimky) není žádná odpověď špatná. Nástroje Klasické teorie testů (CTT, Classical test theory) jsou ovšem založeny na zpracování binarizovaných výsledků položek. Z toho důvodu bylo nutné pro použití metod CTT určit úroveň, pod kterou byla míra znalostí a porozumění považována za nedostatečnou, tj. menší než by odpovídala předpokládané středoškolské úrovni. Při analýze pilotní verze jsem nenalezl způsob objektivně stanovit hraniční skóre jinak než jako průměry z celkového počtu možných bodů konkrétních položek. Průměrem určená hodnota hraničního skóre ovšem nemusí u všech testových položek odpovídat očekávané úrovni u absolventa gymnaziálního vzdělání, proto během výzkumu zrála myšlenka, jaké jsou možné další, relevantnější, způsoby určení těchto hraničních hodnot. Pro zpracování druhého sběru (verze 3) byl tedy použit i druhý přístup, tzv. multikriteriální stanovení hraničního skóre spočívající v kombinaci několika zdrojů. Na základě těchto dílčích příspěvků byla určena hodnota hraničního skóre jako jejich průměr. Použil jsem úroveň popisu učiva odpovídajícího dané položce v často používaných učebnicích biologie pro gymnázia (Kočárek, 2008; Šmarda, 2003; Zicháček 2021) a dále úroveň, kterou jsme já, vedoucí práce a konzultantka práce subjektivně na základě své učitelské praxe u každé položky vyhodnotili jako tu, které by měli absolventi gymnázia dosáhnout. Zohledněno bylo také hledisko kolektivu autorů konstruktů, ze kterých testové položky ve velké míře vycházejí, o očekávaných výstupech v každém z jimi navržených konstruktů (Duncan et al. 2009). Jako poslední byla u každé položky zohledněna také kumulativní logistická regrese. Jako hraniční skóre na základě těchto regresních modelů byla zvolena nejvyšší úroveň, na níž dosáhne průměrný žák s pravděpodobností rovnou nebo větší 50 %. Na základě těchto dílčích příspěvků byla určena hodnota hraničního skóre jako jejich průměr.

3.5 Analýza dat

3.5.1 Test a testové položky

Reliabilitu jsem vyhodnotil jako Cronbachovo α (Cronbach, 1951), pro slovní vyjádření intervalů byla užita klasifikace: hodnota v intervalu $0,9 \leq \alpha \leq 1$ je výtečná, v intervalech $0,7 \leq \alpha < 0,9$ vysoká, $0,5 \leq \alpha < 0,7$ střední a v intervalu $\alpha < 0,5$ nízká (Hinton et al., 2014). Vliv jednotlivých položek na celkovou reliabilitu testu jsem sledoval pomocí Cronbachova α po vyřazení dané položky („*alfa-dropped*"). K další analýze položek jsem využil nejprve přístup Klasické teorie testů, konkrétně byla určena citlivost položek jako diskriminace (*upper – lower index*, ULI) a obtížnost položek. Analýzu distraktorů jsem prováděl za využití multinomického lineárního regresního modelu. Pro robustnější popis psychometrických parametrů položek jsem po druhém testování na školách využil polytomickou regresi, konkrétně kumulativní logistickou regresi s Item response theory (IRT) parametrizací.

Výsledkem provedených analýz byla identifikace položek, jejichž formulaci bylo nutné upravit, např. pokud některé nevhodně formulované odpovědi nebyly respondenty vybírány či vykazovaly problémy v rámci analytického zhodnocení. Položky s hodnotou rozlišení (diskriminace) $ULI < 0,2$ byly považovány za nedostatečně rozlišující a byly přeformulovány. Pokud jsem zjistil na základě hodnoty ULI, analýzy distraktorů pomocí multinomické regrese či při další kontrole chyby nebo nedostatky v překladu, zadání jsem znovu upravil, aby byla položka se všemi jejími úrovněmi relevantní pro testování a využívání ve výuce.

Vedle uvedené položkové analýzy jsem se pokusil také o orientační popis obecných vlastností testu za využití IRT modelu. Z důvodu malé velikosti vzorku je nutné interpretaci výsledků založených na IRT modelu považovat pouze za orientační. Interpretovaný model (konkrétně dichotomický 1PL model s IRT parametrizací) byl vybrán na základě běžně akceptovaných kritérií pro porovnání modelů, konkrétně podle AIC (Akaikovo informační kriterium; Akaike, 1974), BIC (Bayesianovo informační kriterium; Schwarz, 1978) a logLik (logaritmus *likelihood*). Zvolený IRT model jsem použil pro znázornění distribuce konkrétních položek podle odhadované obtížnosti společně s rozložením respondentů a jejich odhadované míře dosaženého učebního pokroku ve formě Wrightovy mapy.

Výše popsané statistické analýzy byly provedeny v aplikaci ShinyItemAnalysis (http://www.shinyitemanalysis.org/) (Martinková & Drabinová, 2019).

3.5.2 Popisná statistika a testování vlivu proměnných na celkové skóre

Další oblast statistického zpracování byla prováděna v programu Jamovi (The Jamovi project, 2022). Zde jsem především určoval popisné statistické charakteristiky dat a testoval závislost celkového skóre na vybraných proměnných. Statistické testy jsem vyhodnocoval na hladině významnosti p hodnota < 0,05.

Normalitu distribuce dat jsem testoval pomocí Shapiro-Wilkova testu. V případě, že se distribuce dat neblížila normálnímu, použil jsem neparametrické testy (Mannův-Whitneyův U test a Kruskalův-Walisův test). V opačném případě bych použil parametrický test (t-test, resp. ANOVA). Velikost účinku (sílu efektu) jsem u parametrických testů (Cohenovo d) interpretoval podle následujících intervalů: 0,2 = malý efekt, 0,5 = střední efekt a 0,8 = velký efekt. V případě opakovaných testů byla použita pro vliv používání různých vyučovacích metod a pomůcek při výuce genetiky na celkové skóre žáků Bonferroniho korekce ($p < 0,05 / 12 = 0,004$). U neparametrických testů jsem sílu efektů vyjadřoval bodovou biseriální korelací. Za malé hodnoty bodové biseriální korelace jsem považoval hodnoty v intervalu: ≤ 0,05, za střední hodnoty > 0,05 a ≤ 0,20 a za dobré hodnoty > 0,20 (Kraft, 2020).

V případě vlivu budoucího odborného zaměření žáků na jejich celkovém skóre jsem do biologických oborů kromě biologie a jejích jednotlivých disciplín zahrnoval i lékařské obory (např. všeobecné a zubní lékařství, fyzioterapie). Za přírodovědné obory jsem považoval biofyziku, ochranu životního prostředí, matematiku, geografii, chemické a fyzikální obory. Mezi nepřírodovědné obory jsem zařadil všechny ostatní např. práva, ekonomii, management, žurnalistiku a historii.

Pro testování vlivu proměnných jsem stanovil tyto hypotézy:

a) vliv účasti žáků v přírodovědně zaměřených soutěžích na jejich celkovém skóre
   H_0: *Skóre žáků, kteří se zúčastnili přírodovědně zaměřených soutěžích, a skóre těch, kteří se nezúčastnili, se neliší.*
   H_A: *Skóre žáků, kteří se zúčastnili přírodovědně zaměřených soutěžích, a skóre těch, kteří se jich nezúčastnili, se liší.*
b) vliv návštěvy biologického semináře na celkovém skóre žáků
   H_0: *Skóre žáků, kteří navštěvovali biologický seminář, a skóre těch, kteří ho nenavštěvovali, se neliší.*

HA: *Skóre žáků, kteří navštěvovali biologický seminář, a skóre těch, kteří ho nenavštěvovali, se liší.*

c) vliv budoucího odborného zaměření žáků na jejich celkovém skóre

H0: *Skóre žáků, kteří se plánují věnovat přírodním vědám (či přímo biologii), se neliší od skóre těch, kteří se plánují věnovat jiným oborům.*

HA: *Skóre žáků, kteří se plánují věnovat přírodním vědám (či přímo biologii), se liší od skóre těch, kteří se budou věnovat něčemu jinému.*

d) vliv subjektivního vnímání důležitosti genetiky pro život žáků na jejich celkovém skóre

H0: *Skóre žáků, kteří považují genetiku za důležitou pro život, se neliší od skóre těch, kteří ji za důležitou pro svůj život nepovažují.*

HA: *Skóre žáků, kteří považují genetiku za důležitou pro život, se liší od skóre těch, kteří ji za důležitou pro svůj život nepovažují.*

e) vliv času, který byl výuce genetiky věnován v hodinách biologie na celkovém skóre žáků

H0: *Délka doby probírání genetiky neměla vliv na celkové skóre žáků.*

HA: *Délka doby probírání genetiky měla vliv na celkové skóre žáků.*

f) vliv použití vyučovacích metod a pomůcek při výuce genetiky na celkovém skóre žáků

H0: *Skóre žáků, kteří využívali při výuce genetiky určitou vyučovací metodu či pomůcky, se neliší od skóre těch, kteří ji při výuce nevyužívali.*

HA: *Skóre žáků, kteří využívali při výuce genetiky určitou vyučovací metodu či pomůcky, se liší od skóre těch, kteří ji při výuce nevyužívali.*

3.5.3 Závislost správnosti odpovědi na počtu znaků

Délka distraktoru může ovlivnit volbu odpovědi na položku (Maliha Ansari et al., 2022). Protože na první pohled vypadalo jako pravidlo, že položky jsou tím delší, čím jsou výše v učebním pokroku, otestoval jsem závislost mezi délkou odpovědi ve znacích a počtem bodů za danou odpověď (resp. úrovní v učebním pokroku). Toto jsem provedl pro české a anglické znění testu lineární regresí v programu Jamovi (The Jamovi project, 2022).

3.5.4 Konfirmační faktorová analýza

Dále jsem opět v programu Jamovi provedl konfirmační faktorovou analýzu, jako cestu ověření faktorové struktury položek v českém překladu do jednotlivých konstruktů definovaných v původní verzi nástroje (Todd et al., 2017). Shoda konceptuálního modelu byla ověřena CFA s estimátorem maximum likelihood (ML) a s předpokladem kovariance faktorů. Sledoval jsem indexy RMSEA, CFI, TLI a SRMR, dále hodnoty $\chi 2$, počet stupňů volnosti (df) a p hodnotu, a to v interpretaci dle (Byrne, 1994; Hu & Bentler, 1999; Schumacker & Lomax, 1996), model je přijat za podmínek, kdy splňuje následující hodnoty: RMSEA < 0,06; u CFI ≥ 0,9; u TLI > 0,9; u SRMR < 0,08; p hodnota < 0,05 a p hodnota $\chi 2$ testu > 0,05. Zároveň jsem bral v potaz, že signifikantní rozdíl zjištěný chí-kvadrát testem nemusí být důvodem k odmítnutí celého modelu, pokud jiné indexy ukazují, že model odpovídá, protože je kromě velikosti vzorku (větší vzorek vede k větší pravděpodobnosti zamítnutí shody; Meade et al., 2008) citlivý na normalitu dat a komplexitu modelu (Hsu et al., 2015; Koziol & Bovaird, 2018; Li, 2016). Pokud byla hodnota odhadu faktorové zátěže (*item loading*) > 0,4, byla položka považována za dostatečně sytící daný faktor.

4. Výsledky

4.1 Překlad testu

Připomínky odborníků mířily na odborný obsah, formální správnost a náhradu použitých slov za vhodnější synonymní alternativy. Na základě jejich připomínek jsem upravil 26 položek z celkových 36 (viz příloha 3). V tabulce 13 jsou uvedeny příklady těchto úprav.

Tabulka 13. Ukázky úprav verze 1 → 2 dle připomínek odborníků a didaktiků

Položka č. 12 ve verzi 1: „Ženy s BRCA1 mutacemi (jako třeba Angelina Jolie či Anna K.) mají větší riziko vzniku rakoviny prsu než ženy s normálními geny BRCA1. Jak může daná mutace způsobit toto zvýšené riziko?" **Doporučené změny:** názvy genů psát kurzívou, pojem „normální gen" nahradit za např. standardní, nemutovaný gen. **Položka č. 12 ve verzi 2:** „Ženy s *BRCA1* mutacemi (jako třeba Angelina Jolie či Anna K.) mají větší riziko vzniku rakoviny prsu než ženy nemutovanými geny *BRCA1*. Jak může daná mutace způsobit toto zvýšené riziko?"
Položka č. 18 ve verzi 1: „Barva a povrch kukuřičných zrn jsou určeny dvěma různými geny. Žlutá barva (Y) je dominantní nad bezbarvou (y). Hladký povrch (S) je dominantní nad zvrásněným (s). Předpokládejte, že tyto dva geny jsou vzájemně tak blízko, že je můžeme považovat za geneticky vázané. Zemědělec zkřížil kukuřici se žlutými hladkými zrny (YySs) s tou, která měla zrna hladká a bezbarvá (yySs). Jak budou zrna vypadat v nové rostlině?" **Doporučené změny:** názvy genů se píší kurzívou, popsané fenotypy i názvy genů jsou využívány pro hrách, nikoliv pro kukuřici, kde se fenotypy i příslušné geny nazývají jinak. **Položka č. 18 ve verzi 2:** „Barva a povrch semen hrachu jsou určeny dvěma různými geny. Žlutá barva (*Y*) je dominantní nad bezbarvou (*y*). Hladký povrch (*S*) je dominantní nad zvrásněným (*s*). Předpokládejte, že tyto dva geny jsou vzájemně tak blízko, že je můžeme považovat za geneticky vázané. Zemědělec zkřížil hrách se žlutými hladkými semeny (*YySs*) s hrachem, který měl semena hladká a bezbarvá (*yySs*). Jak budou semena hrachu vypadat v nové rostlině"
Položka č. 34 ve verzi 1: „Jak je exprese genů regulována nebo kontrolována?" **Doporučené změny:** místo „kontrolovat" využít vhodnější alternativu „řídit". **Položka č. 34 ve verzi 2:** „Jak je exprese genů regulována nebo řízena?"

4.2 Pilotní testování

Podněty od potenciálních uchazečů o studium na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy se týkaly převážně formulací, které jim přišly složitě napsané, zavádějící či nejednoznačné. Dále došlo ještě ke kritickému zvážení formulací mnou a školitelkou. Na základě získaných podnětů a kritické revize jsem upravil znění kmene nebo distraktorů u 35 položek (z celkových 36) tak, aby byly pro respondenty srozumitelnější. V tabulce 14 jsou uvedeny příklady úprav položek po pilotním testování.

Reliabilita byla výtečná (Cronbachovo $\alpha = 0{,}925$). Jako problematické byly indikovány položky 4, 21 a 22 (ULI < 0,2). Pro identifikaci potenciálně problematických distraktorů u těchto položek byla použita multinomická regrese, která poukázala na distraktory 4 *c*, *e*, 21 *a* a 22 *a*, *d*, které jsem změnil.

Tabulka 14. Ukázky úprav verze 2 → 3 dle připomínek respondentů a položkové analýzy

Úprava zadání položky č. 22: „Na obrázku jsou znázorněny tři různé organismy: chlapec, dívka a octomilka. Proč tyto tři organismy vypadají jinak?" došlo ke změně formulací několika úrovní. **verze 2:** a) „Organismy mají různé znaky a funkce." d) „Organismy stejného druhu mají podobnou, ale trochu jinou DNA." e) „Některé části DNA se liší mezi druhy, některé ale ne. Lidé sdílí některé geny s mouchami." f) „Některé části DNA se liší mezi druhy, některé ale ne, konzervovanější (podobnější) části DNA kódují životně důležité věci." **verze 3:** a) „Různé organismy mají různé znaky a funkce." d) „Organismy stejného druhu mají část DNA podobnou a část odlišnou." e) „Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé ale ne. Lidé a mouchy mají některé geny shodné." f) „Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé ne. Podobné úseky DNA kódují životně důležité věci."
Úprava distraktoru u položky č. 21: „Zahradník vypěstoval rostlinu s růžovými květy tak, že křížil rostliny s bílými a červenými květy. Jak a proč byl schopen vypěstovat novou rostlinu s růžovými květy?" **verze 2:** „Rostlina s růžovými květy má alelu pro červené a alelu pro bílé barvivo, které se trochu liší, aby produkovaly bílé a červené proteiny. Rostlina s růžovými květy tvoří oba proteiny, růžová barva je způsobena tím, že jdou oba proteiny vidět."

verze 3: „Rostlina s růžovými květy má alelu pro červené a alelu pro bílé barvivo. Tyto alely se trochu liší, což umožňuje rostlině s růžovými květy tvořit oba proteiny. Růžová barva je způsobena tím, že jdou oba proteiny vidět.”
Úprava distraktoru u položky č. 35: „Ve kterém období během života jedince se může exprese genů změnit?” **verze 2:** „Změny v genové expresi začínají při početí a trvají po celý život jedince.” **verze 3:** „Genová exprese se může změnit kdykoliv po oplození po celý život jedince.”

4.3 Testování ve školách

Výsledky analyzovaných parametrů jsem počítal za využití obou způsobů určení hodnot hraničního skóre (průměrné a multikriteriální), nicméně výsledky obou přístupů se lišily velmi málo či vůbec (citlivosti jako upper-lower index (ULI), multinomické regrese, obtížnosti položek). Reliabilita pomocí Cronbachova α byla α = 0,954. S ohledem na přehlednost textu jsou uvedeny pouze výsledky s multikriteriálním hraničním skóre (viz kap. 3.4).

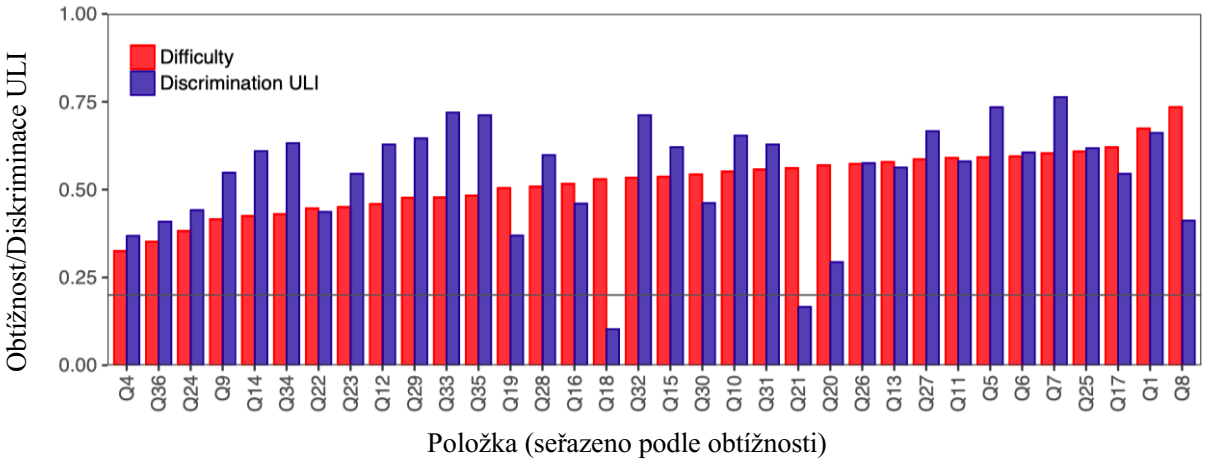
Základní popisné statistiky (n = 198 respondentů) jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15. Základní popisné parametry pro 198 respondentů

parametr	hodnota
Cronbachovo α	0,95
minimální počet dosažených bodů	2
maximálně dosažený počet bodů (z celkových 200 bodů)	163
průměr dosažených bodů	93,51
medián	105
směrodatná odchylka	43,96

4.3.1 Test a testové položky

Položková analýza (graf 1) popisuje citlivosti položek verze 3 jako ULI. Zvykově užívanou minimální hraniční hodnotu ULI 0,2 nesplňují položky č. 18 a 21, které nedostatečně rozlišují soubor respondentů na základě odpovědi na položku na skupiny s vyšším a nižším skórem. Nejsnazší byly položky č. 4, 36 a 24, nejnáročnější byla položka č. 8 následovaná kombinací položek 1-3. Většina položek byla středně těžká.



Graf 1. Položková analýza. Červené sloupce znázorňují obtížnost, tedy kolik procent z celkového počtu žáků odpovědělo správně. Modré sloupce popisují rozlišovací schopnost, tj. schopnost rozdělit soubor respondentů na základě odpovědi na položku na skupiny s vyšším a nižším skórem.

4.3.2 Učební pokrok v jednotlivých konstruktech

V následujícím textu jsou popsány testové položky uspořádané ve skupinách podle obsahové příslušnosti k jednotlivým konstruktům (viz tabulka 10, kap. 2.5). Tabulka 16 kvantitativně shrnuje dosažené úrovně u jednotlivých testových položek. Kromě absolutních počtů žáků, kteří zvolili určitou úroveň, obsahuje také hodnoty s kumulativním počtem žáků, kteří dosáhli určité úrovně. Žáci, kteří zvolili např. třetí úroveň, si osvojili i úroveň první a druhou. Nejvíce žáků dosáhlo nejvyšší v testových položkách č. 1-3, 8, 10 a 17, naopak nejméně žáků dosáhlo nejvyšší úrovně v položkách č. 19, 21, 22, 23, 24 a 36.

Tabulka 16. Přehled dosažených úrovní u jednotlivých testových položek. První hodnota ve sloupcích u jednotlivých úrovní položek představuje počet žáků, kteří zvolili danou úroveň. V závorce je tato hodnota přepočítána na procenta z celkového počtu žáků (198).

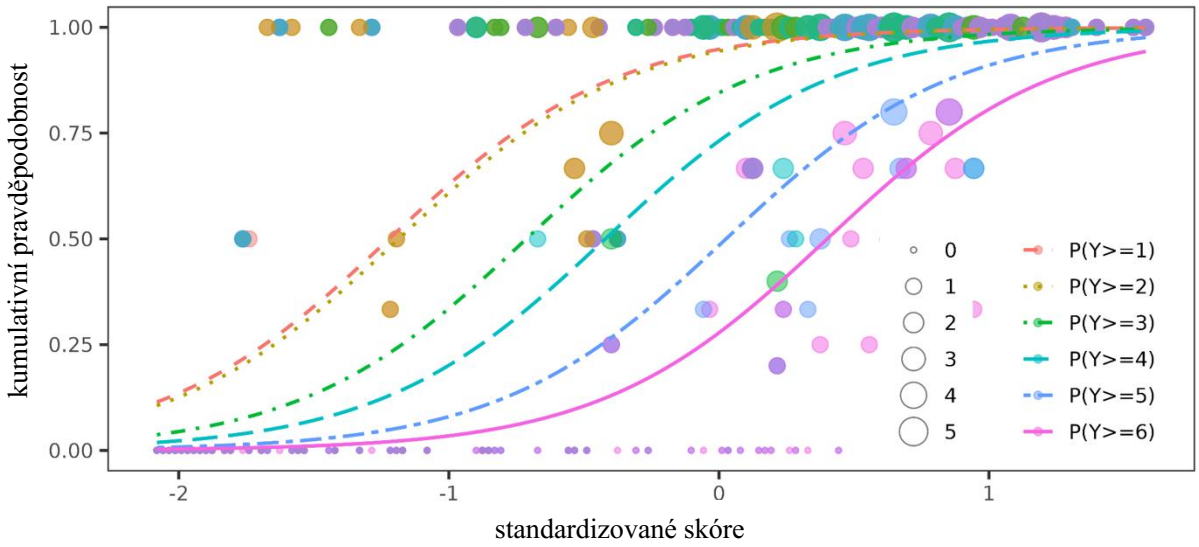
Faktor	Položka	Hraniční skóre průměr	Hraniční skóre multifaktoriální	1. úroveň	2. úroveň	3. úroveň	4. úroveň	5. úroveň	6. úroveň
A	1-3	3	3	1 (0,5)	15 (7,6)	12 (6,1)	25 (12,6)	26 (13,1)	84 (42,4)
B	4	3	5	70 (35,4)	20 (10,1)	9 (4,6)	2 (1)	4 (2)	37 (18,7)
B	5	3	5	6 (3)	12 (6,1)	20 (10,1)	4 (2)	32 (16,2)	73 (36,9)
B	6	3	5	15 (7,6)	3 (1,5)	1 (0,5)	8 (4)	51 (25,8)	66 (33,3)
C1	7	3	3	3 (1,5)	8 (4)	25 (12,6)	31 (15,7)	76 (38,4)	-
C1	8	3	3	2 (1)	2 (1)	39 (19,7)	25 (12,6)	101 (51)	-
C1	9	3	3	1 (0,5)	8 (4)	29 (14,7)	42 (21,2)	28 (14,1)	-
C2	10	3	4	31 (15,7)	4 (2)	6 (3)	22 (11,1)	5 (2,5)	81 (40,9)
C2	11	3	4	8 (4)	4 (2)	4 (2)	9 (4,6)	76 (38,4)	43 (21,7)
C2	12	3	4	22 (11,1)	11 (5,6)	5 (2,5)	5 (2,5)	25 (12,6)	57 (28,8)
D	13	3	5	1 (0,5)	34 (17,2)	9 (4,6)	8 (4)	34 (17,2)	65 (32,8)
D	14	3	4	37 (18,7)	9 (4,5)	30 (15,2)	48 (24,2)	0	0
D	15	3	4	6 (3)	17 (8,6)	15 (7,6)	32 (16,2)	25 (12,6)	50 (25,3)
E	16	3	4	13 (6,6)	13 (6,6)	51 (25,8)	20 (10,1)	48 (24,2)	-
E	17	3	4	7 (3,5)	17 (8,6)	14 (7,1)	33 (16,7)	80 (40,4)	-
E	18	3	4	14 (7,1)	17 (8,6)	65 (32,8)	33 (16,7)	30 (15,2)	-
F	19	3	3	4 (2)	15 (7,6)	92 (46,5)	15 (7,6)	26 (13,1)	-
F	20	3	3	7 (3,5)	2 (1)	102 (51,5)	23 (11,6)	31 (15,7)	-
F	21	3	3	1 (0,5)	18 (9,1)	122 (61,6)	22 (11,1)	13 (6,6)	-
G1	22	3	3	7 (3,5)	23 (11,6)	58 (29,3)	10 (5,1)	24 (12,1)	24 (12,1)
G1	23	3	4	6 (3)	9 (4,5)	8 (4)	40 (20,2)	38 (19,2)	23 (11,6)
G1	24	3	3	12 (6,1)	13 (6,6)	26 (13,1)	34 (17,2)	31 (15,7)	8 (4)
G2	25	3	4	1 (0,5)	2 (1)	14 (7,1)	84 (42,4)	44 (22,2)	-
G2	26	3	3	5 (2,5)	9 (4,6)	40 (20,2)	60 (30,3)	37 (18,7)	-
G2	27	3	5	9 (4,5)	8 (4)	12 (6,1)	45 (22,7)	68 (34,3)	-
H	28	3	4	0 (0)	30 (15,2)	12 (6,1)	28 (14,1)	29 (14,7)	42 (21,2)
H	29	3	5	4 (2)	13 (6,6)	24 (12,1)	5 (2,5)	17 (8,6)	60 (30,3)
H	30	3	4	3 (1,5)	14 (7,1)	74 (37,4)	8 (4)	5 (2,5)	56 (28,3)
I	31	2	4	6 (3)	24 (12,1)	52 (26,3)	58 (29,3)	-	-
I	32	2	4	4 (2)	22 (11,1)	37 (18,7)	66 (33,3)	-	-
I	33	2	3	7 (3,5)	28 (14,1)	36 (18,2)	52 (26,3)	-	-
J	34	2	4	16 (8,1)	24 (12,1)	27 (13,6)	49 (24,7)	-	-
J	35	2	4	16 (8,1)	8 (4)	41 (20,1)	57 (28,8)	-	-
J	36	2	2	39 (19,7)	45 (22,7)	14 (7,1)	27 (13,6)	-	-

Tabulka 16 pokračování. Přehled dosažených úrovní u jednotlivých testových položek. První hodnota ve sloupcích u jednotlivých úrovní je kumulativní počet žáků, kteří dosáhli dané úrovně. V závorce je tato hodnota přepočítána na procenta z celkového počtu žáků (198).

Faktor	Položka	Hraniční skóre průměr	Hraniční skóre multifaktoriální	1. úroveň	2. úroveň	3. úroveň	4. úroveň	5. úroveň	6. úroveň
A	1-3	3	3	163 (82,3)	162 (81,8)	147 (74,2)	135 (68,2)	110 (55,6)	84 (42,4)
B	4	3	5	142 (71,7)	72 (36,4)	52 (26,3)	43 (21,7)	41 (20,7)	37 (18,7)
B	5	3	5	147 (74,2)	141 (71,2)	129 (65,2)	109 (55,1)	105 (53)	73 (36,9)
B	6	3	5	144 (77,2)	129 (65,2)	126 (63,6)	125 (63,1)	117 (59,1)	66 (33,3)
C1	7	3	3	143 (72,2)	140 (70,7)	132 (66,7)	107 (54)	76 (38,4)	0
C1	8	3	3	169 (85,4)	167 (84,3)	165 (83,3)	126 (63,6)	101 (51)	0
C1	9	3	3	108 (54,6)	107 (54)	99 (50)	70 (35,4)	28 (14,1)	0
C2	10	3	4	149 (75,3)	118 (59,6)	114 (57,6)	108 (54,6)	86 (43,4)	81 (40,9)
C2	11	3	4	144 (72,7)	136 (68,7)	132 (66,7)	128 (64,7)	119 (60,1)	43 (21,7)
C2	12	3	4	125 (63,1)	103 (52)	92 (46,5)	87 (43,9)	82 (41,4)	57 (28,8)
D	13	3	5	151 (76,3)	150 (75,8)	116 (58,6)	107 (54)	99 (50)	65 (32,8)
D	14	3	4	124 (62,6)	87 (43,9)	78 (39,4)	48 (24,2)	0	0
D	15	3	4	145 (73,2)	139 (70,2)	122 (61,6)	107 (54)	75 (37,9)	50 (25,3)
E	16	3	4	145 (73,2)	132 (66,7)	119 (60,1)	68 (34,3)	48 (24,2)	0
E	17	3	4	151 (76,3)	144 (72,7)	127 (64,1)	113 (57,1)	80 (40,4)	0
E	18	3	4	159 (80,3)	145 (73,2)	128 (64,6)	63 (31,8)	30 (15,2)	0
F	19	3	3	152 (76,8)	148 (74,8)	133 (67,2)	41 (20,7)	26 (13,1)	0
F	20	3	3	165 (83,3)	158 (79,8)	156 (78,8)	54 (27,3)	31 (15,7)	0
F	21	3	3	176 (88,9)	175 (88,4)	157 (79,3)	35 (17,7)	13 (6,6)	0
G1	22	3	3	146 (73,7)	139 (70,2)	116 (58,6)	58 (29,3)	48 (24,2)	24 (12,1)
G1	23	3	4	124 (62,6)	118 (59,6)	109 (55,1)	101 (51)	61 (30,9)	23 (11,6)
G1	24	3	3	124 (62,6)	112 (56,6)	99 (50)	73 (36,9)	39 (19,7)	8 (4)
G2	25	3	4	145 (73,2)	144 (72,7)	142 (71,7)	128 (64,7)	44 (22,2)	0
G2	26	3	3	151 (76,3)	146 (73,7)	137 (69,2)	97 (49)	37 (18,7)	0
G2	27	3	5	142 (71,7)	133 (67,2)	125 (63,1)	113 (57)	68 (34,3)	0
H	28	3	4	141 (71,2)	141 (71,2)	111 (56,1)	99 (50)	71(35,9)	42 (21,2)
H	29	3	5	123 (62,1)	119 (60,1)	106 (53,5)	82 (41,4)	77 (38,9)	60 (30,3)
H	30	3	4	160 (80,8)	157 (79,3)	143 (72,2)	69 (34,9)	61 (30,8)	56 (28,3)
I	31	2	4	140 (70,7)	134 (67,7)	110 (55,6)	58 (29,3)	0	0
I	32	2	4	129 (65,2)	125 (63,1)	103 (52)	66 (33,3)	0	0
I	33	2	3	123 (62,1)	116 (58,6)	88 (44,4)	52 (26,3)	0	0
J	34	2	4	116 (58,6)	100 (50,5)	76 (38,4)	49 (24,8)	0	0
J	35	2	4	122 (61,6)	106 (53,5)	98 (49,5)	57 (28,8)	0	0
J	36	2	2	125 (63,1)	86 (43,4)	41 (20,7)	27 (13,6)	0	0

1. skupina - „Genetická informace je hierarchicky uspořádaná“

První tři položky testu (položky č. 1, 2 a 3) testují porozumění konstruktu *A* (*„genetická informace je hierarchicky uspořádaná”*). Jsou zaměřeny na základní genetické pojmy (DNA, nukleotidy, geny, chromozomy, buňky, genomy) a jejich vzájemné vztahy. Vzhledem k tomu, že položky 1-3 jsou v převzaté metodologii vyhodnocovány společně (viz kap. 3.4), lze je hodnotit pouze souhrnně. Na rozdíl od většiny položek testu je první úroveň položek (nejnižší stupeň učebního pokroku) chápána jako nedostatečná, tj. klasifikovaná za 0 bodů. První a druhá úroveň porozumění se navíc obsahově téměř překrývají, obě obsahují špatnou definici základních genetických pojmů či vztahy mezi nimi. Průměrný žák dosáhne s minimálně 50% pravděpodobností na úroveň 5, tedy druhou nejvyšší. Rozložení odpovědí respondentů a kumulativní regresní model zobrazuje graf 2.



Graf 2. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací sloučeného skóre testových položek č. 1-3

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku.

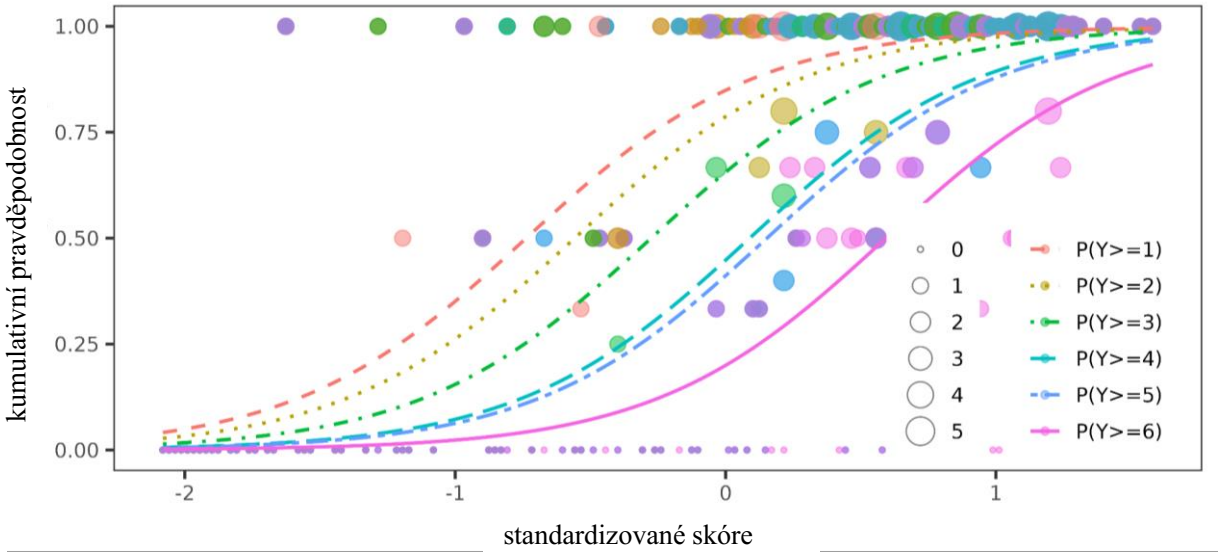
Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

2. skupina - „Funkce a význam proteinů a jejich vztah ke genetické informaci"

Testové položky č. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 a 12 se týkají funkce, významu, stavby proteinů a jejich souvislosti s geny. Tyto položky testují porozumění konstruktům *B* (*„geny kódují proteiny"*; položky č. 4-6), *C1* (*„proteiny vykonávají buněčnou práci"*; položky č. 7-9) a *C2* (*„proteiny spojují geny a znaky"*; položky č. 10-12).

Konstrukt B

Z analýzy dat vyplývá, že pokud žáci dosáhli čtvrté úrovně „geny kódují molekuly v našich buňkách", přechod na pátou úroveň „geny kódují konkrétně proteiny" byl nepatrný (položky č. 5 a 6), viz graf 3.

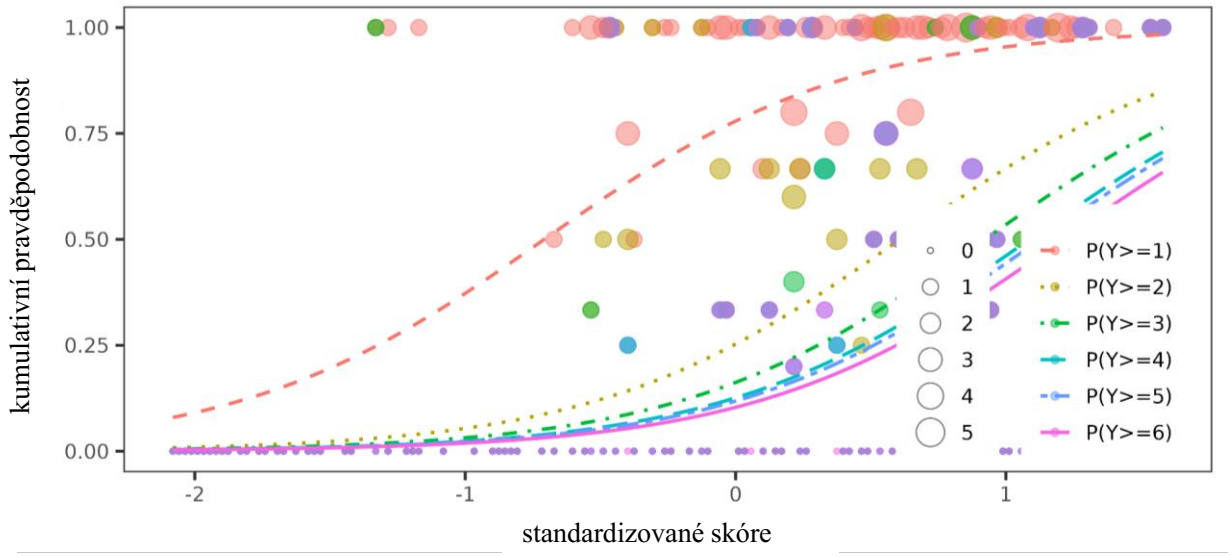


Graf 3. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 5

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku.

Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Položka č. 4 měla odlišný trend. Odpovědi, které s pomocí aminokyselin, ale i proteinů a obecněji struktur v buňce (v grafu úrovně 4-6) specifikují, proč je DNA nazývána genetická informace, byly vybírány s malou pravděpodobností. Naopak úroveň, že je tomu tak proto, protože nese geny (v grafu úroveň 1), byla vybírána s vysokou pravděpodobností a přechod z této úrovně k dalším úrovním byl pro žáky náročný, viz graf 4.



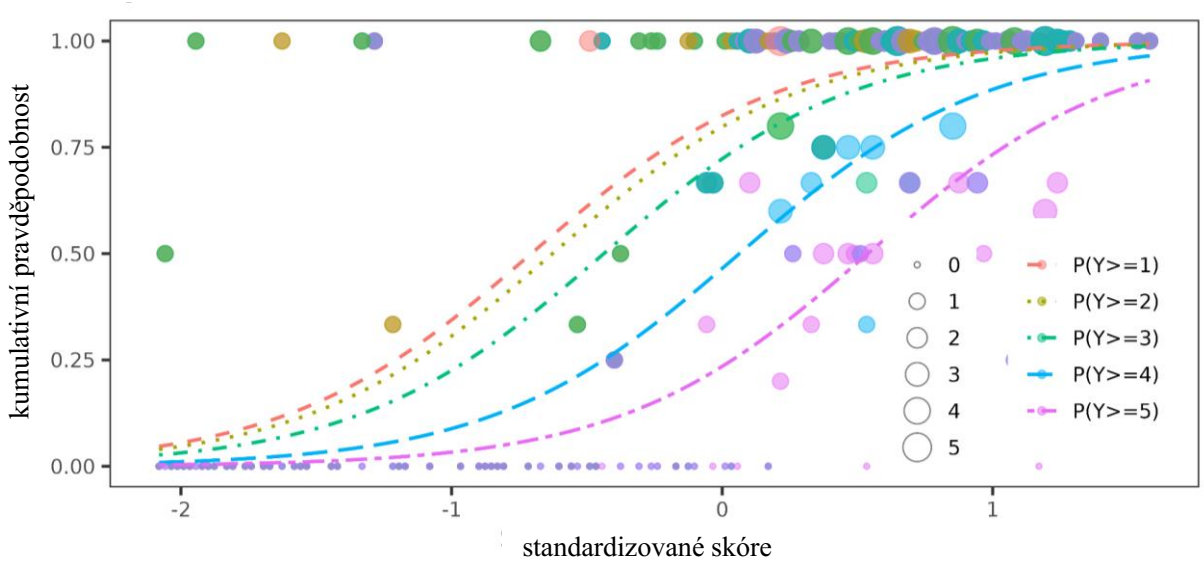
Graf 4. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 4

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Konstrukt C1

Většina žáků dosáhla úrovně (v grafu úrovně 2 a 3) popisující proteiny jako důležité molekuly vykonávající nejrůznější významné činnosti v buňkách, jejichž funkce se odvíjí od jejich struktury, dále jako důležité složky potravy (položky č. 7, 8 a 9). Naopak úrovně (v grafu úroveň 5), které popisovaly funkce či strukturu proteinů (a jejich vztah ke genům) z hlediska aminokyselin, dosahovali mnohem méně (tzn. gen poskytne sekvenci aminokyselin

pro určitý pigment, struktura a funkce proteinů záleží na jejich sekvenci určené aminokyselinami), viz graf 5.

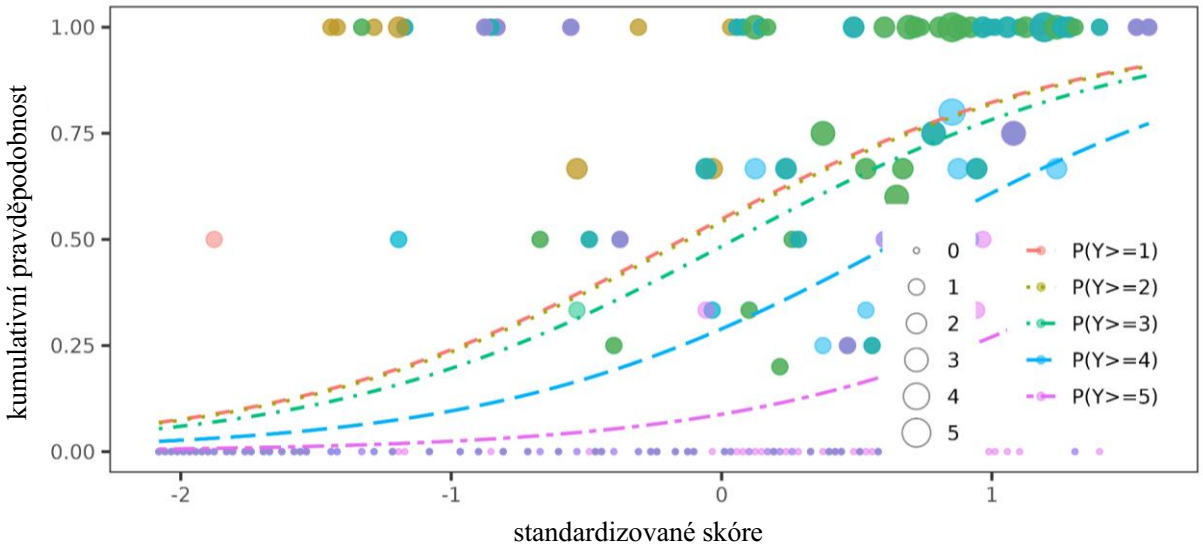


Graf 5. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 7

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Testové položky č. 7 a 8 jsou teoretické/obecné („Co platí o funkci proteinů? Proč mají různé proteiny v těle různé funkce?"). Naopak, v položce č. 9 žáci aplikovali teoretické poznatky o proteinech na konkrétní zobrazenou strukturu proteinu.

V této testové položce byl podobný trend s položkami č. 7 a 8, jen pravděpodobnost, se kterou žáci daných úrovní dosáhli, byla ve vztahu k předešlým dvěma položkám nižší, viz graf 6.

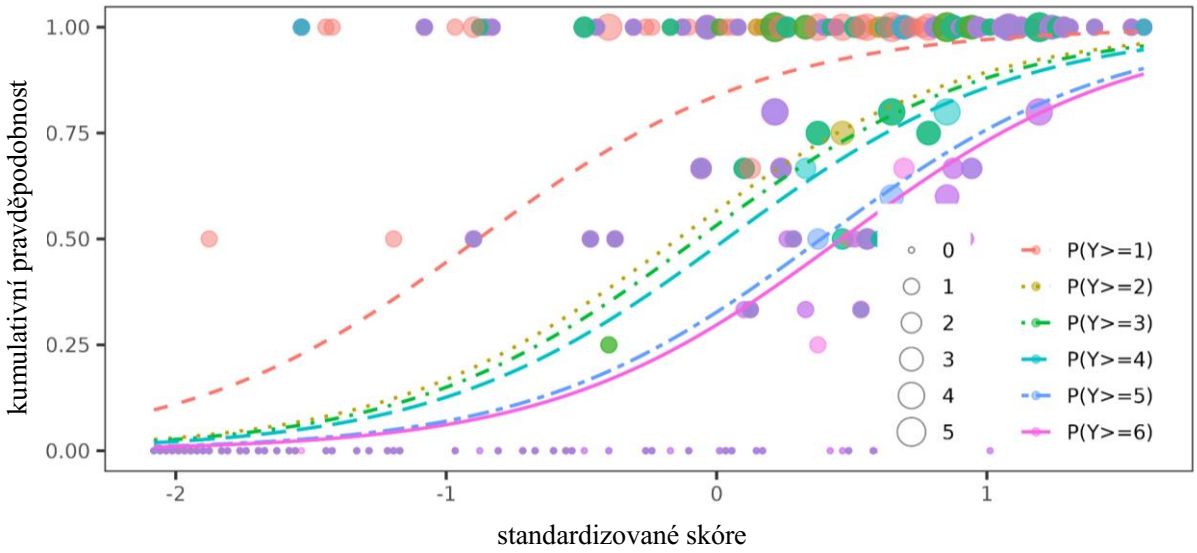


Graf 6. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 9

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Konstrukt C2

Položky č. 10, 11 a 12 testují souvislost mezi genetickou informací a znaky organismu. Položka č. 10 je teoretická, zbylé dvě položky testují míru pochopení tohoto konstruktu na konkrétních příkladech (srpkovitá anémie, *BRCA1* mutace). U položky č. 10 je první úroveň „Geny a znaky spolu nesouvisí." špatně, tj. za 0 bodů, což je jedna z mála výjimek v testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice. Byla volena hlavně podprůměrnými žáky v tomto tématu, viz graf 7.

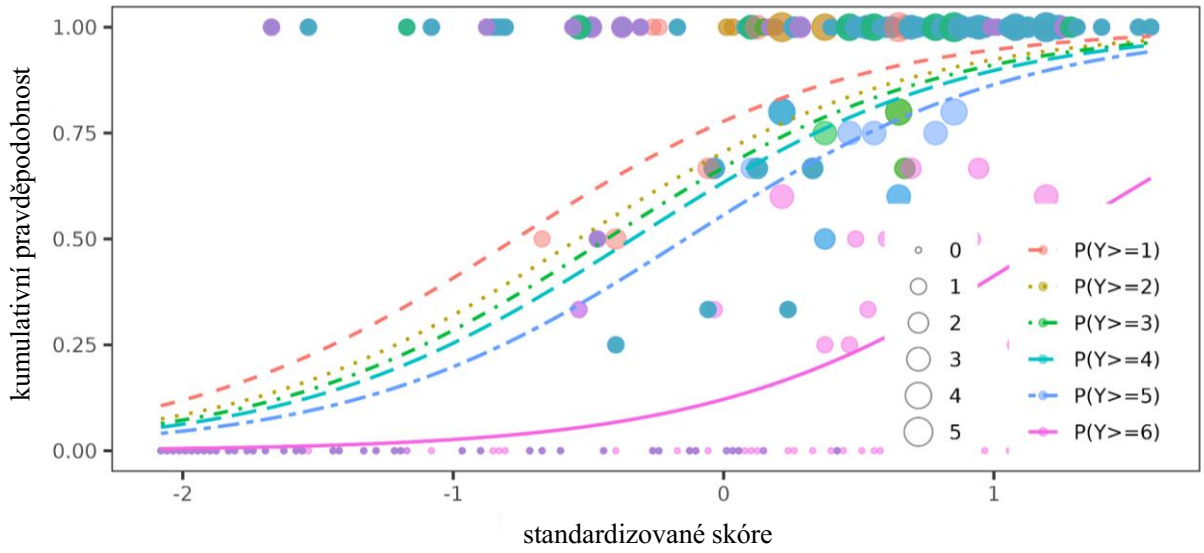


Graf 7. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 10

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

U položky č. 11 byla pravděpodobnost dosažení úrovní zmiňující aminokyseliny (v grafu úroveň 5) větší v porovnání s ostatními položkami v této skupině (viz položky konstruktu B v této skupině). Naopak pravděpodobnost výběru nejkomplexnější úrovně byla nízká.

Příčinou může být nedostatek ve formulaci této konkrétní úrovně (viz kap. 4.4). Dosažení jednotlivých úrovní bylo u položky č. 12 náročnější než v případě položky č. 11, viz graf 8.



Graf 8. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 11

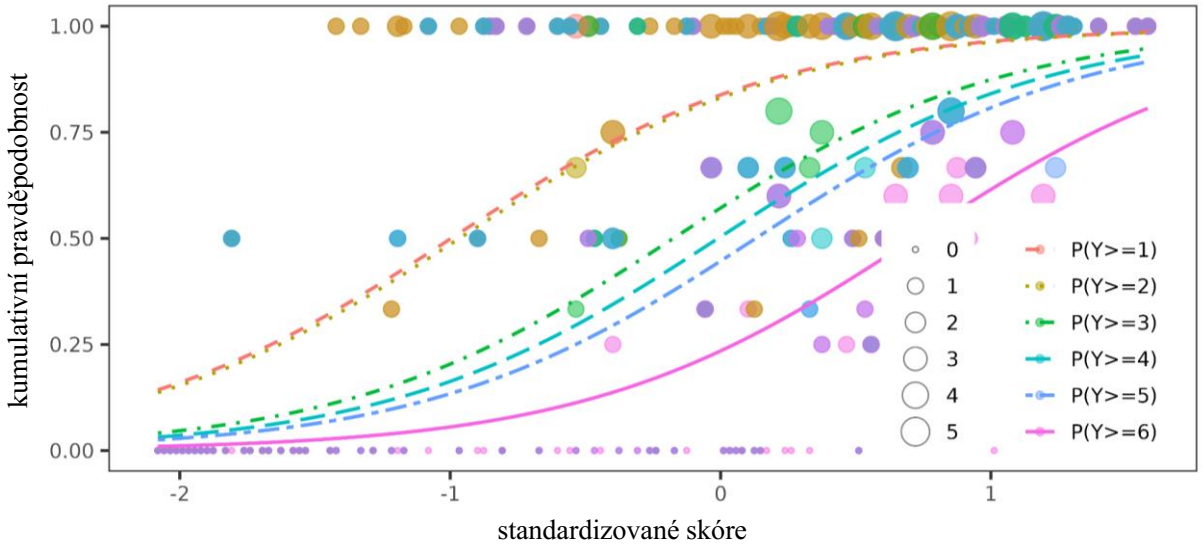
Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

3. skupina - „Buňky exprimují rozdílné geny"

Položky č. 13, 14 a 15 testují konstrukt *D* (*„buňky exprimují rozdílné geny"*), týkají se genové exprese v jednotlivých buňkách organismu a její regulace, jejich trendy se ale mírně liší.

Přechod od prvních dvou úrovních položky 13 (v grafu 9 úrovně 1 a 2), že se různé buňky jedince liší, protože se nachází v jiné části těla, popř. že mají různé funkce k dalším úrovním (v grafu úrovně 3-6), byl náročný. Pokud žáci dosáhli stále nesprávné třetí úrovně, že každý buněčný typ obsahuje různé geny, přechod na čtvrtou úroveň pochopení, že nejde o geny, ale o proteiny, nebyl tak obtížný. Rovněž nebyl obtížný přechod ze čtvrté úrovně na pátou, která tvrdí, že buňky jednoho organismu mají stejnou DNA, ale různé proteiny. Z této úrovně byl

náročnější přechod na šestou a poslední, na škále správnosti nejsprávnější úroveň, že různé buňky se liší aktivizací různých genů, a obsahují proto jiné spektrum proteinů, viz graf 9.



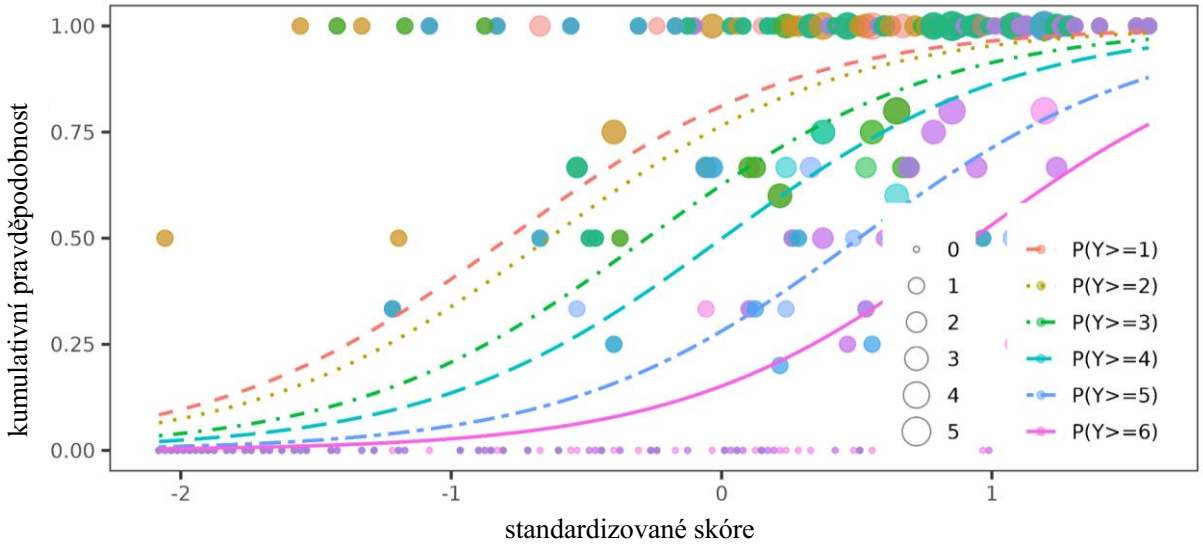
Graf 9. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 13

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

U položky č. 14 testující konstrukt *D* na konkrétním příkladu, byl náročný přechod z první úrovně (konkrétní gen, z něho vzniklá mRNA a protein jsou ve všech buňkách těla) na druhou úroveň (konkrétní gen, z něho vzniklá mRNA a protein, jsou ve všech buňkách těla, nicméně fenotyp se projeví jen v některých buňkách těla). Přechod z druhé úrovně na třetí úroveň (konkrétní gen, z něho vzniklá mRNA a protein, se nachází pouze v některých buňkách těla) už byl snazší. Přechod ze třetí úrovně na čtvrtou úroveň (konkrétní gen, z něho vzniklá mRNA se nachází ve všech tělních buňkách, protein jen v některých buňkách těla) byl opět náročný a na pátou úroveň (konkrétní gen se nachází ve všech buňkách těla, ale z něho vzniklá mRNA a protein jsou pouze v některých buňkách těla) se žáci dostali s velmi nízkou pravděpodobností.

V porovnání s přechody mezi ostatními úrovněmi je u položky č. 15 nejnáročnější přechod ze čtvrté úrovně („Buňky obsahují různé proteiny, aby mohly vykonávat v našem těle

různé funkce.") na pátou („Většina buněk v našem těle obsahuje stejnou DNA, ale různé proteiny."). Z páté úrovně je stále relativně náročné dosáhnout šesté úrovně („Většina buněk má stejnou DNA, ale přepisuje pro tvorbu proteinů různé geny."), viz graf 10.



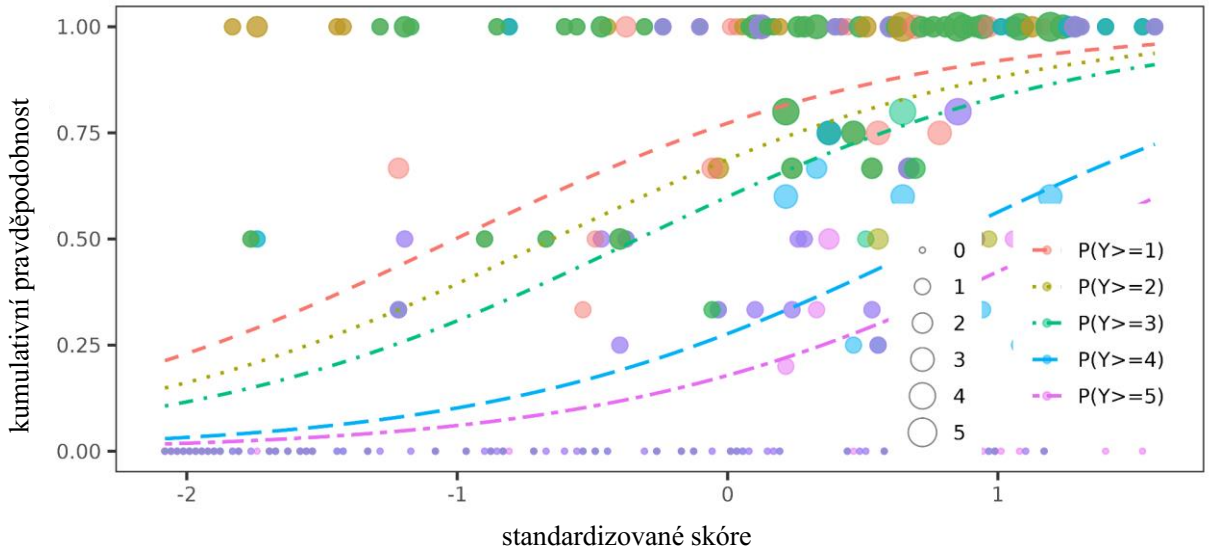
Graf 10. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 15

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

4. skupina - „Genetická informace je předávána na potomky"

Obdobný trend měly položky č. 16, 17 a 18, ve kterých se testuje pochopení genové vazby a princip meiotického dělení. Tyto položky testují porozumění konstruktu *E* (*„genetická informace je předávána na potomky"*). Na grafu 11, zobrazujícím rozložení odpovědí respondentů a kumulativní regresní model, můžeme vidět, že úrovně 1-3 byly u položky č. 16 relativně blízko u sebe z hlediska pravděpodobnosti volby dané úrovně, nejnáročnější pro žáky byl přechod ze třetí (kombinace všech genotypů se stejnou pravděpodobností,) na čtvrtou úroveň (pouze genotypy alel ležící na jednom chromozomu*)*. Čtvrtá úroveň už byla relativně blízko páté úrovni, nejsprávnější na škále správnosti (nejpravděpodobnější genotypy alel ležící

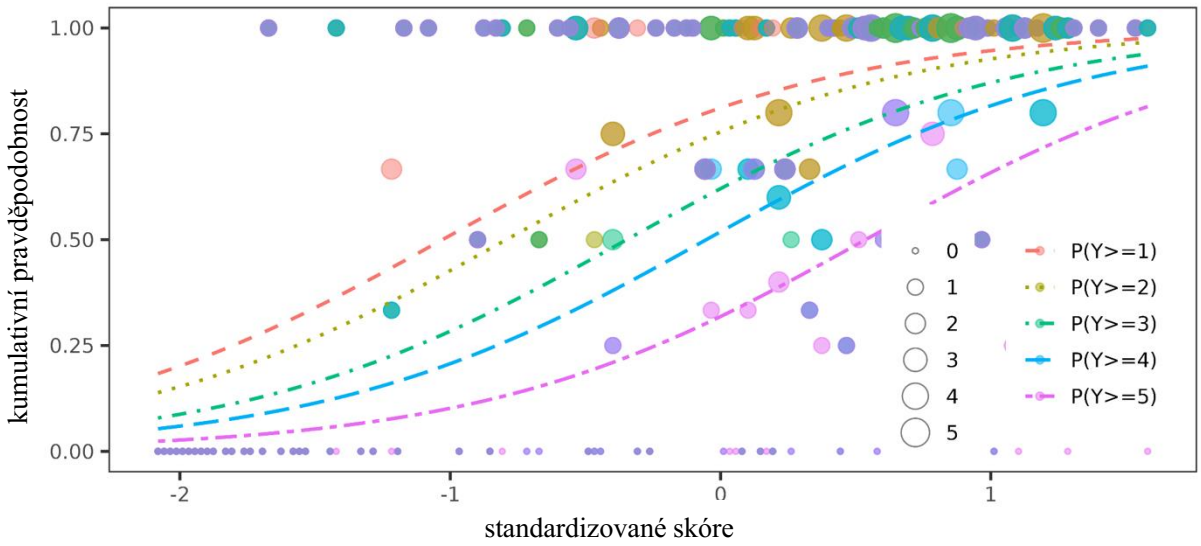
na jednom chromozomu, nicméně jiné genotypové kombinace jsou také možné). Stejný trend pravděpodobnosti dosažení určité úrovně byl u položky č. 18.



Graf 11. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 16

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Položka č. 17 měla jiný trend pravděpodobnosti volby distraktorů, nejnáročnější byl přechod ze čtvrté úrovně („Chromozomy jsou náhodně roztříděny a každá pohlavní buňka obsahuje jednu sadu chromozomů.") na nejvyšší, pátou úroveň („Chromozomy si mohou vyměnit úseky a rekombinovat se, čímž se vytvoří nové kombinace genů a zvýší se genetická variabilita."), viz graf 12.

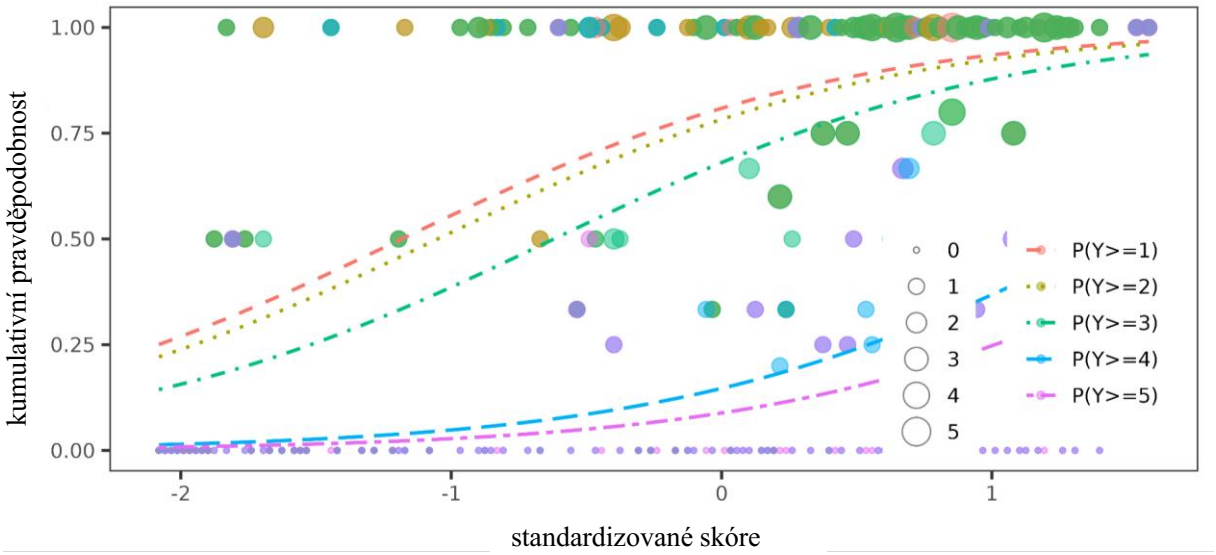


Graf 12. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 17

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

5.skupina - „Existují vzory vztahů a korelací mezi geny a znaky" (Mendelovská versus molekulární genetika)

Do této skupiny patří položky č. 19, 20 a 21, které se týkají vzájemných vztahů genů a znaků vyjádřených v daném organismu a testují porozumění konstruktu *F* (*„existují vzory vztahů a korelací mezi geny a znaky"*). Obecně většina žáků vybírala ty úrovně, které zmiňovaly úroveň alel (pojetí mendelovské genetiky, tj. úrovně 1, 2 a 3), nikoliv úrovně proteinů či aminokyselin (molekulární úroveň, tj. úrovně 4 a 5). Tuto tendenci dokumentuje graf 13 položky č. 19 zobrazující rozložení odpovědí respondentů a kumulativní regresní model.



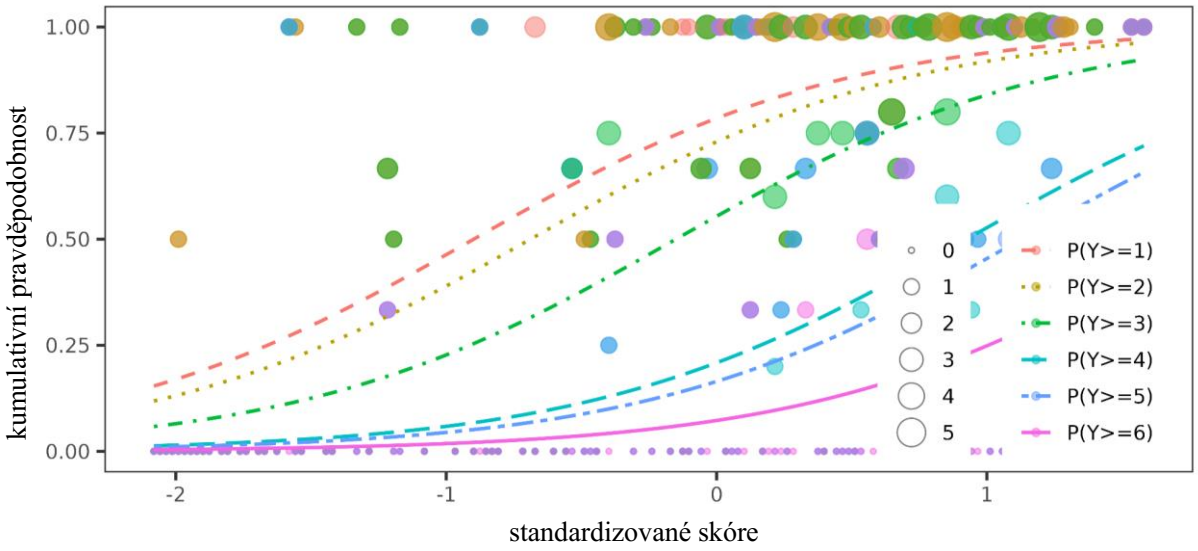
Graf 13. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 19

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

6. skupina - „DNA se liší mezi druhy i v rámci nich"

Tato skupina zahrnuje položky č. 22, 23 a 24 se stejným obsahem a některými stejnými tendencemi v grafu (u položek č. 22 a 23), viz graf 14. Testují porozumění konstruktu *G1* (*„DNA se liší mezi druhy i v rámci nich"*). Typicky byl větší rozdíl mezi úrovněmi, které zmiňovaly DNA v rámci druhu, a úrovněmi, které porovnávaly DNA mezi různými druhy. Zároveň byla pro žáky nejhůře dosažitelná nejvyšší úroveň, která připisuje podobným úsekům DNA, které spolu různé organismy sdílí, kódování životně důležitých věcí. U položky č. 22 byl malý přechod mezi prvními třemi úrovněmi. Nejnáročnější přechod byl ze třetí úrovně („Různé organismy mají různou genetickou informaci dokonce i mezi příslušníky jednoho druhu.") na čtvrtou („Organismy stejného druhu mají část DNA podobnou a část odlišnou."), poté už opět snazší na pátou a šestou úroveň. U položky č. 23 byl trend v grafu obdobný, i když čtvrtá úroveň byla ze třetí úrovně snáze dosažitelná, nejnáročnější byl naopak přechod ze čtvrté úrovně („Organismy jednoho druhu mají část genetické informace podobnou a jinou část

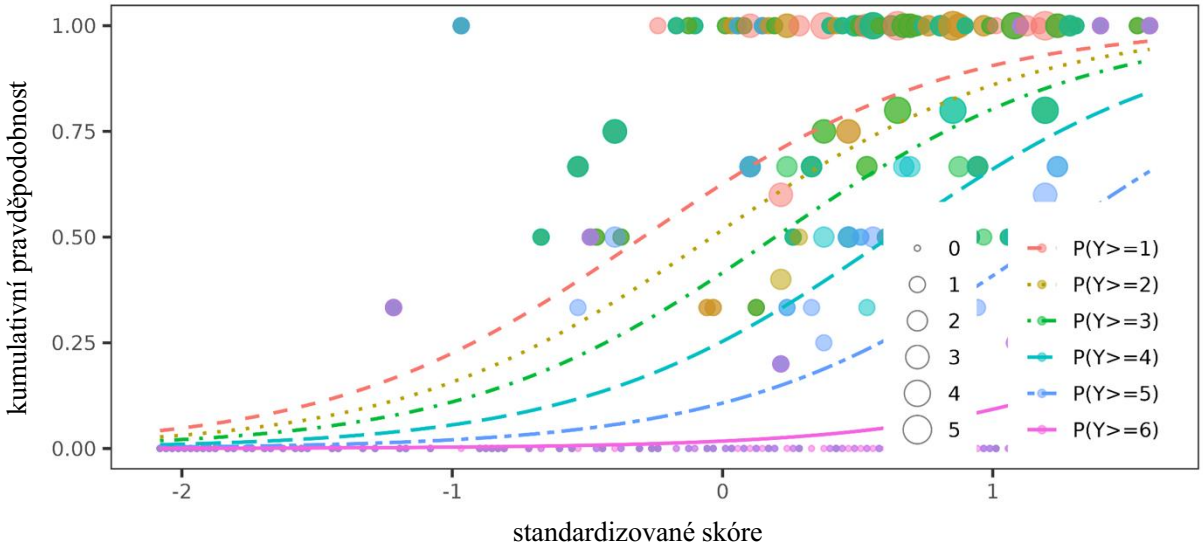
odlišnou.") na pátou („Organismy různých druhů mají část genetické informace podobnou a jinou část odlišnou.").



Graf 14. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 22

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Položka č. 24 má téměř nulovou pravděpodobnost výběru nejvyšší (šesté) úrovně u průměrného žáka („Čím je genetická informace podobnější, tím je důležitější produkt genů."). Přechody mezi předcházejícími úrovněmi jsou velmi podobné, viz graf 15.



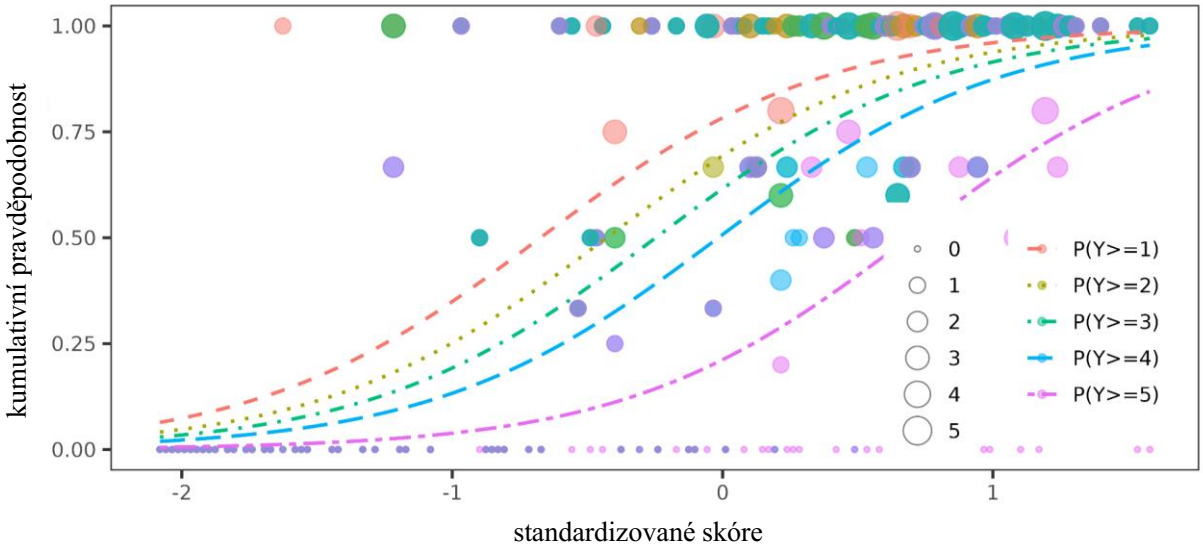
Graf 15. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 24

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

7. skupina - „Změny v genetické informaci mohou mít za následek zvýšenou variabilitu a mohou pohánět evoluci"

Testové položky 25, 26 a 27 mají obdobný trend i obsah, který reprezentuje položka č. 27 na grafu 16. Tyto položky testují porozumění konstruktu *G2* (*„změny v genetické informaci mohou mít za následek zvýšenou variabilitu a mohou pohánět evoluci"*). Pravděpodobnost výběru nejvyšší úrovně popisující vliv změn v genetické informaci na zvýšenou variabilitu a evoluci organismů v čase byla velmi malá. Přechod ze čtvrté na nejvyšší (pátou) úroveň byl nejnáročnější. Naopak přechody mezi úrovněmi 1-4 byly (až na výjimky) méně náročné. Úrovně 1-4 např. uvádí, že mutace mohou být pro organismy,

resp. jejich reprodukční úspěšnost, negativní, neutrální, či pozitivní; dále že změny v genetické informaci mohou ovlivnit funkci a strukturu proteinů.



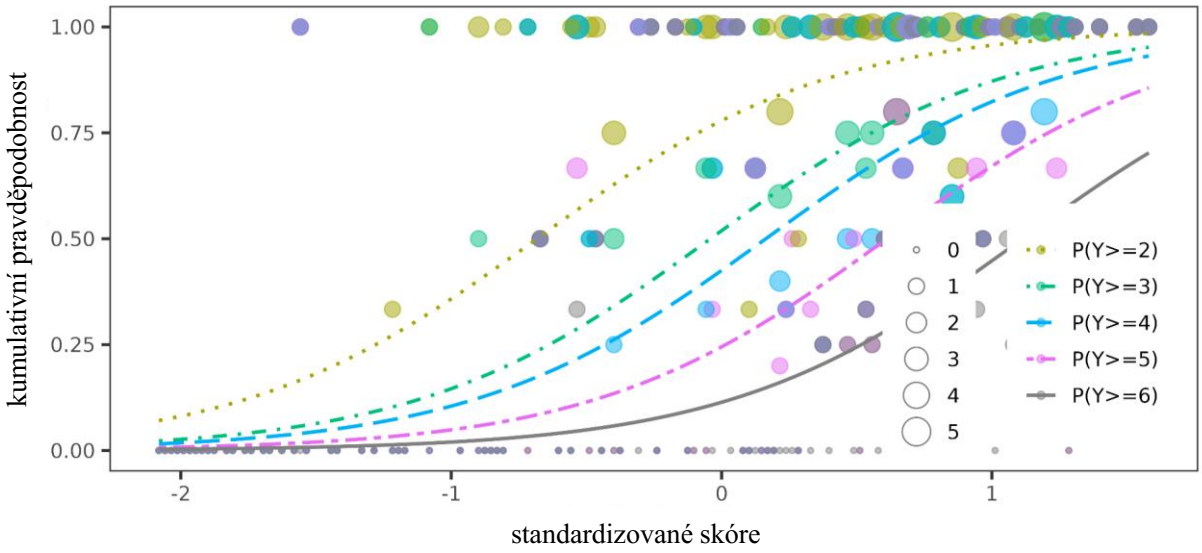
Graf 16. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 27

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

8. skupina - „Životní prostředí interaguje s genetickou informací"

Položky č. 28, 29 a 30 testují porozumění konstruktu *H* (*„životní prostředí interaguje s genetickou informací"*). První úroveň u všech těchto položek nedávala do souvislosti vliv prostředí na organismy, tj. na tvorbu jejich znaků. Většina žáků dosáhla v testových položkách úrovně pochopení, že životní prostředí může ovlivnit naše buňky, tkáně a orgány (v grafu 17 odpovědi 2 a 3). Naopak úrovně (v grafu 17 úrovně 4-6) popisující dopad vlivu vnějšího prostředí na DNA (mutace genů, změna genové exprese), anebo proteiny (změna jejich

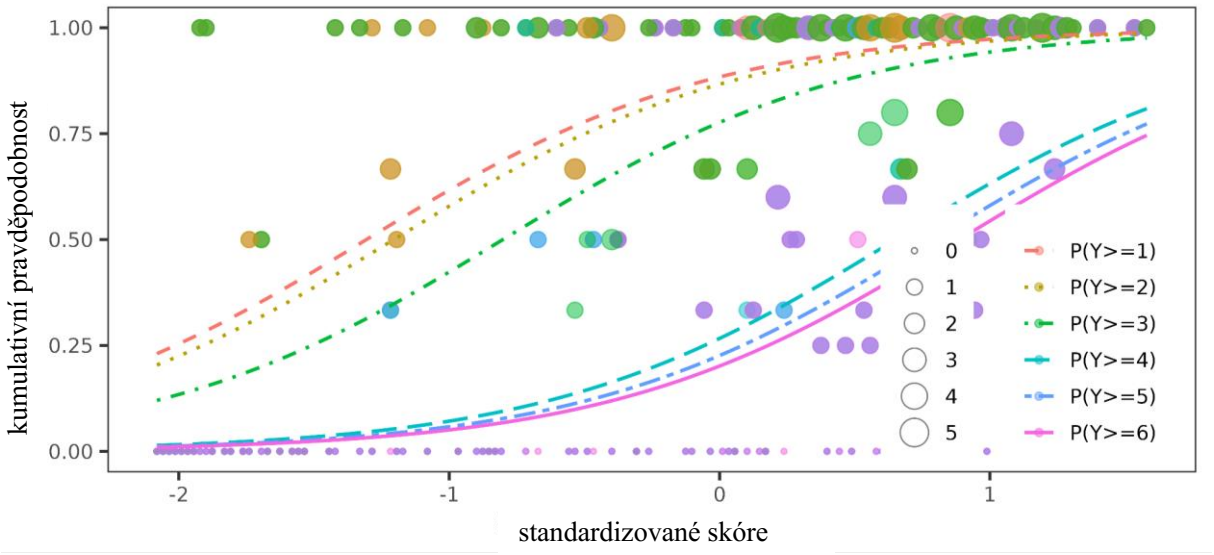
struktury, typu a množství) v buňkách byla vybírána průměrným žákem s nižší pravděpodobností, viz graf 17.



Graf 17. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 28

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Praktický příklad vlivu životního prostředí na genetickou informaci testovala položka č. 30. Trendem se tato testová položka lišila od předchozích, obecněji formulovaných testových položek č. 28 a 29. U průměrného žáka byla velká pravděpodobnost dosažení třetí úrovně. Ta popisuje vliv konkrétních vnějších podmínek – kouření – na buňky plic tak, že kvůli nashromážděnému dehtu dojde k přeměně některých jeho plicních buněk na rakovinné. Jak ukazuje graf 18, přechod na čtvrtou úroveň byl náročný. Čtvrtá a následující úrovně vysvětlovaly příčinu přeměny plicních buněk na rakovinné buňky u kuřáka z důvodu změny DNA (mutace genů, změna genové exprese) či proteinů (změna počtu, typu a struktury), viz graf 18.



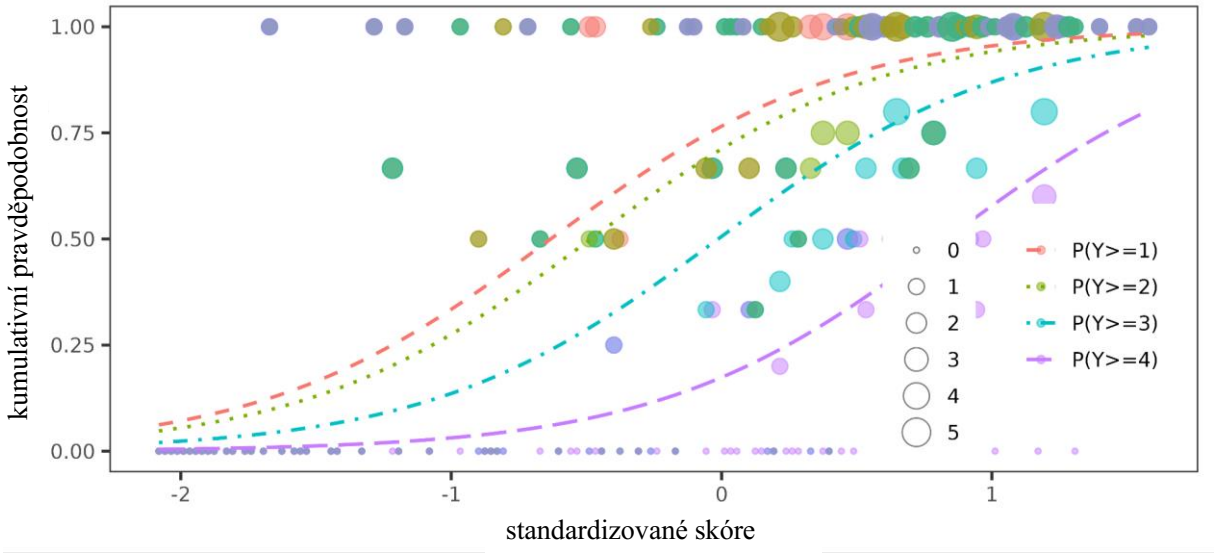
Graf 18. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 30

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

9. skupina - „Jen mutace v gametách mohou být předány na potomky"

Položky č. 31, 32 a 33 testují porozumění konstruktu *I* (*„jen mutace v gametách mohou být předány na potomky"*) a jejich společný trend pravděpodobností volby odpovědí je ukázán na grafu 19. První a druhá úroveň na škále správnosti byly z hlediska pravděpodobnosti volby blízko sebe, přechod z druhé úrovně na třetí byl náročnější stejně jako přechod ze třetí úrovně na čtvrtou.

První a druhá úroveň většinou nepřesně či nesprávně popisovaly dědičnost genetické informace na potomky, popř. somatickou versus gametickou mutaci. Třetí úroveň již byla správně, popisovala přenos mutací v buňkách na potomky, a čtvrtá ji dále rozvedla a upřesnila.



Graf 19. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 31

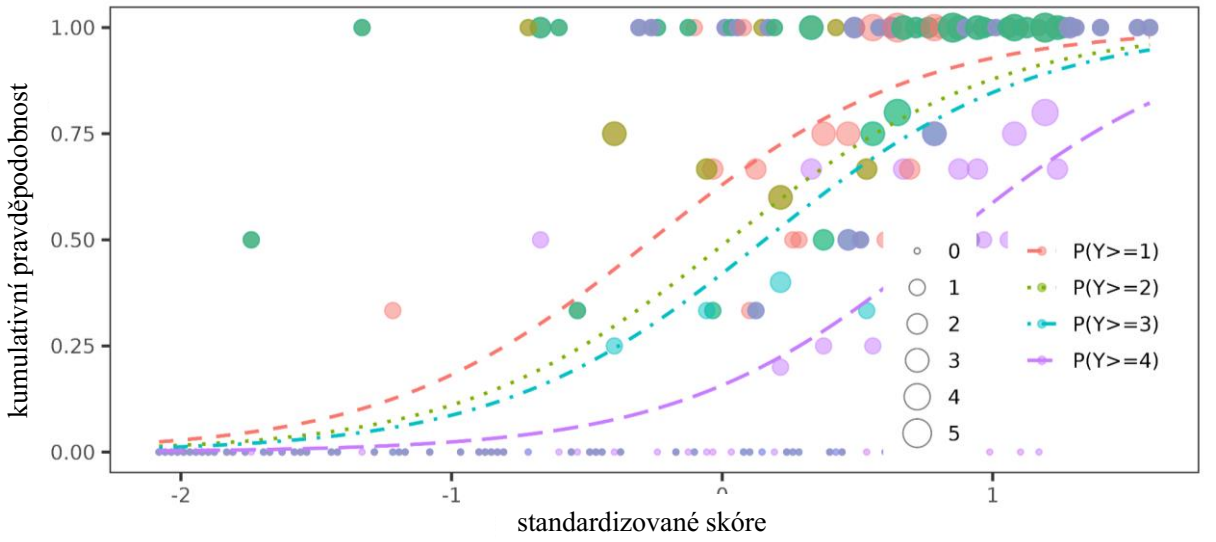
Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

10. skupina - „Exprese genů se může změnit kdykoliv během života jedince"

Položky č. 34, 35 a 36 testují porozumění konstruktu *J* (*„exprese genů se může změnit kdykoliv během života jedince"*). Úrovně 1-3 nepřesně/nesprávně popisují proměnlivost genové exprese v ontogenezi jedince. Z analýzy těchto položek vyplývá, že velká část žáků se domnívá, že se během života nemění, není nijak řízena, popř. regulována. Jen málo žáků dosáhlo úrovně (v grafu úroveň 4) prokazující znalost, že se může měnit v kterémkoli čase v životě jedince, viz graf 20.

Trendy těchto položek se lišily. V položce č. 34 jsou přechody mezi jednotlivými úrovněmi přibližně stejné. U položky č. 35 je oproti předchozí položce snazší přechod z druhé úrovně („Geny se aktivují při oplození a zůstávají zapnuty po celý život jedince.") na třetí („Genová exprese se může změnit pouze v klíčových stádiích života, jako jsou vývoj, puberta a menopauza."). Nejnáročnější byl přechod ze třetí na poslední, čtvrtou úroveň („Genová exprese se může změnit kdykoliv po oplození po celý život jedince."). U položky č.

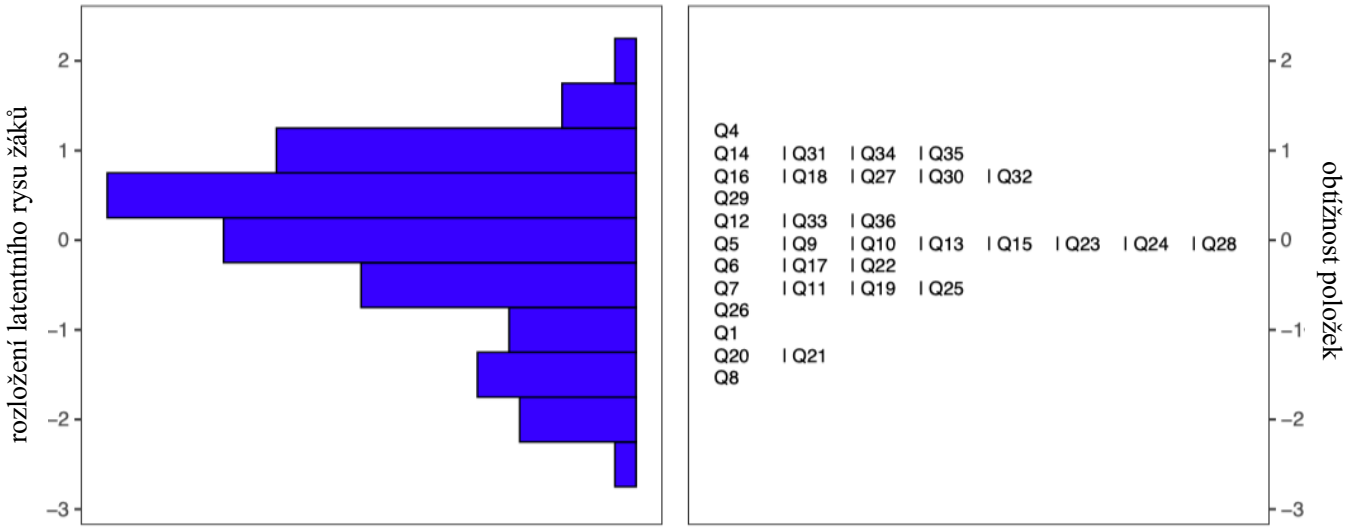
36, která pochopení konstruktu *J* testuje na konkrétním příkladu, byl náročný přechod mezi první a druhou (1. určité rozdíly jsou zapříčiněné vnějšími vliv; 2. myši mají stejnou DNA, ale aktivní různé geny, z čehož plyne odlišnost ve vzhledu), dále mezi druhou a třetí úrovní (různě aktivní geny během vývoje jedinců, z čehož plyne odlišnost ve vzhledu). Dosažení poslední, čtvrté úrovně (po celý život jsou aktivovány a vypínány různé geny, z čehož mimo jiné plynou odlišnosti jedinců), bylo snazší.



Graf 20. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 35

Barevně jsou odlišeny jednotlivé úrovně učebního pokroku a značeny ve smyslu jejich vzestupné správnosti. Regresní křivka např. P(Y>=2) tedy představuje modelovanou pravděpodobnost, s jakou daná kohorta respondentů dosáhne minimálně druhé úrovně učebního pokroku. Kruhové značky představují exaktní hodnoty pro jednotlivé respondenty, přičemž velikost kruhu vyjadřuje jejich počet.

Z Wrightovy mapy (graf 21) vyplývá, že je v testu zastoupena celá škála obtížnosti položek, i když nejvíce je testových položek s mírně nadprůměrnou obtížností (vztaženo k průměrnému respondentovi).



Graf 21: Wrightova mapa. V levé části je zobrazeno rozložení latentního rysu žáků (porozumění principům genetiky), v pravé části je znázorněna distribuce jednotlivých testových položek uspořádaných podle obtížnosti.

4.3.3 Vliv vysvětlujících proměnných na celkové skóre

- ***Biologický seminář***

Žáci, kteří navštěvovali biologický seminář, dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než ti, kteří ho nenavštěvovali ($U = 3059$; $p < 0{,}001$; velikost účinku $_{\text{bodová biseriální korelace}} = 0{,}35$), viz tabulka 17.

Tabulka 17. Porovnání skupin žáků podle účasti žáků na biologickém semináři

skupiny žáků	počet žáků	průměrný počet bodů	medián	směrodatná odchylka
chodící na seminář	118	105	116	37,4
nechodící na seminář	80	76,9	91	47,7

- ***Přírodovědné soutěže***

Žáci, kteří se zúčastnili přírodovědných soutěží, dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než ti, kteří se jich neúčastnili (U = 2790; p < 0,001; velikost účinku $_{\text{bodová biseriální korelace}}$ = 0,33), viz tabulka 18.

Tabulka 18. Porovnání skupin žáků podle účasti žáků na přírodovědně zaměřených soutěžích

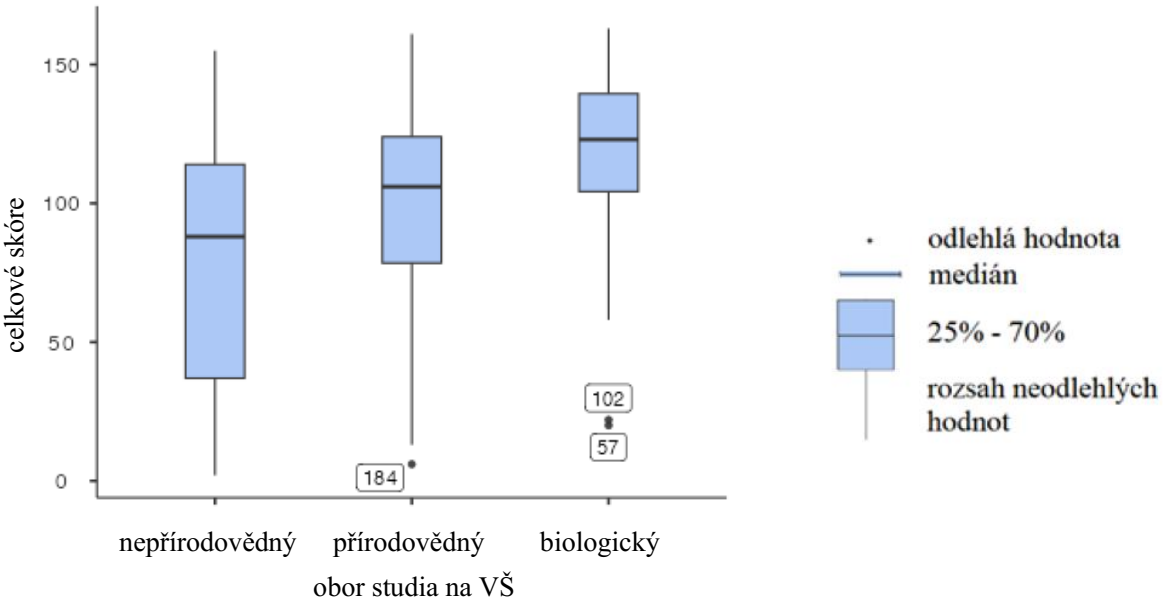
skupina žáků, která:	počet žáků	průměrný počet bodů	medián	směrodatná odchylka
se zúčastnila soutěží	60	111	119	36,3
se nezúčastnila soutěží	138	86	98	45

- ***Obor studia na VŠ***

Žáci plánující další studium biologických oborů dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než žáci plánující studium nepřírodovědných oborů ($\chi 2$ = 39,6; df = 2; p < 0,001; W = 8,91). Celkové skóre se neliší u žáků plánujících studium biologických oborů a těch, kteří plánují studovat jiný přírodovědný obor (W = 2,78; p = 0,120). Zároveň není rozdíl v celkovém skóre žáků, kteří plánují studovat nepřírodovědné obory, a těmi, kteří plánují studovat nějaký přírodovědný nebiologický obor (W= 2,47; p = 0,189), viz tabulka 19 a graf 22.

Tabulka 19. Porovnání skupin žáků podle jejich budoucího zaměření

skupiny podle budoucího zaměření	počet žáků	průměr	medián	směrodatná odchylka	minimum bodů	maximum bodů
nepřírodovědné	105	76,3	88	44,8	2	155
přírodovědné	19	96	106	45,7	6	161
biologické	74	117	123	28,9	20	163



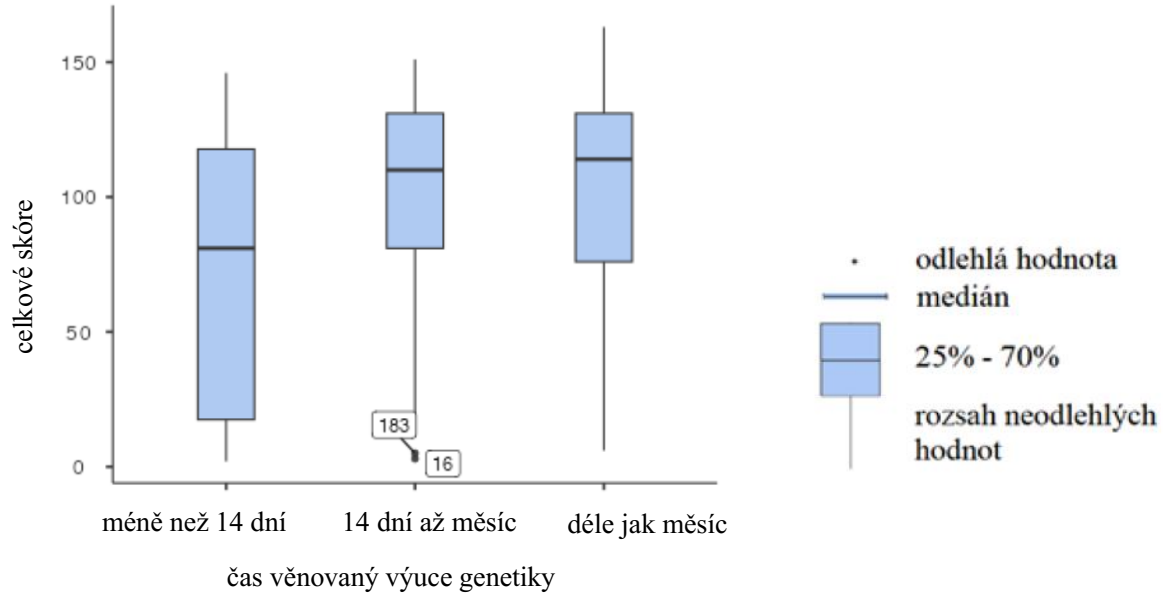
Graf 22. Závislost celkového skóre na budoucím zaměření žáků. Skupina 1 se nebude ubírat přírodovědným směrem, skupina 2 ano. Skupina 3 se bude věnovat přímo biologii. Celkové skóre skupiny 3 jsou signifikantně vyšší než u skupin 2 a 1.

- ***Doba, po kterou se žáci věnovali genetice při výuce biologie***

Žáci, kteří probírali genetiku 14 dní až měsíc a déle než měsíc, dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než ti žáci, kteří se genetice věnovali méně než 14 dní ($\chi 2$ = 11,2; df = 2; p = 0,004; W= 4,249; p = 0,008; resp. W= 4,371; p = 0,006). Naopak nebyl rozdíl mezi žáky, kteří se v hodinách biologie genetice věnovali 14 dní až měsíc a déle než měsíc (W= - 0,038; p = 1), jak ukazují tabulka 20 a graf 23.

Tabulka 20. Porovnání skupin žáků podle celkové doby výuky genetiky

skupiny podle doby výuky genetiky	počet žáků	průměr	medián	směrodatná odchylka	minimum bodů	maximum bodů
méně než 14 dní	38	70,6	81	49,6	2	146
14 dní až měsíc	67	100	110	39,9	3	151
déle jak měsíc	89	99,7	114	41	6	163



Graf 23. Závislost celkového skóre na celkovém času výuky genetiky. Skupina 1 brala v hodinách biologie genetiku méně jak 14 dní, skupina 2 14 dní až měsíc a skupina 3 déle jak měsíc. Celková skóre skupiny 2 a 3 jsou signifikantně vyšší než u skupin 1.

- ***Vnímaná důležitost genetiky***

Žáci považující pochopení genetiky za důležité pro život dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než ti, kteří ji za důležitou nepovažují ($\chi 2 = 56{,}2$; df = 4; $p < 0{,}001$), viz tabulka 21 a graf 24. Žáci, kteří nedokázali posoudit důležitost genetiky, nevykazovali příklon k žádné názorové skupině.

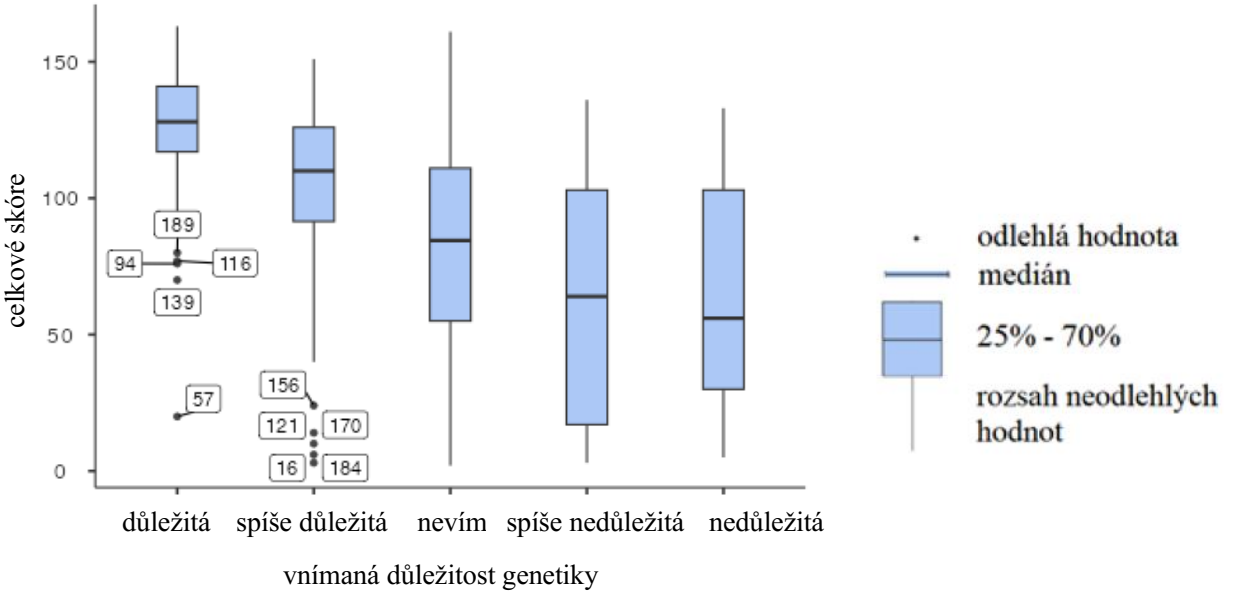
Signifikantní rozdíl v celkovém skóre byl mezi žáky, kteří považují genetiku za důležitou oproti těm, kteří jí spíše považují za důležitou (W= -5,073; p = 0,003), či neumí posoudit (W= -6,433; $p < 0{,}001$), nebo ji za důležitou spíše nepovažují (W= -8,422; $p < 0{,}001$), či vůbec nepovažují (W = -6,658; $p < 0{,}001$). Rovněž byl rozdíl v celkovém skóre u žáků, kteří genetiku spíše považují za důležitou od těch, kteří jí spíše (W= -5,965; $p < 0{,}001$), či vůbec (W = -4,492, p = 0,013) za důležitou nepovažují.

Celkové skóre se nelišilo u žáků, kteří genetiku spíše považovali za důležitou, od těch, kteří toto tvrzení neuměli posoudit (W = -3,387, p = 0,117). Rozdíl v celkovém skóre posledně jmenovaných nebyl patrný ani od žáků, kteří ji spíše nepovažovali (W = -2,368, p = 0,450)

či vůbec nepovažovali (W = -1,970 p = 0,632) za důležitou. Nakonec nebyl signifikantní rozdíl v celkovém skóre mezi žáky, kteří genetiku spíše nepovažují za důležitou, a těmi, kteří ji za důležitou nepovažují vůbec (W = 0,193, p = 1,000).

Tabulka 21. Porovnání skupin žáků podle vnímané důležitosti genetiky

důležitost genetiky pro žáky	počet žáků	průměr	medián	směrodatná odchylka	minimum bodů	maximum bodů
ano	49	123	128	26	20	163
spíše ano	63	103	110	36,5	3	151
nevím	28	82,3	84,5	42,2	2	161
spíše ne	41	63,5	64	45,3	3	136
ne	17	63,5	56	45,7	5	133



Graf 24. Závislost celkového skóre na vnímané důležitosti genetiky pro žáky. Skupina 1 a 2 považuje genetiku za důležitou, skupina 3 neuměla posoudit a skupiny 4, 5 ji za důležitou nepovažovaly. Celková skóre skupiny 1 a 2 jsou signifikantně vyšší než u ostatních skupin.

Poslední analyzovanou proměnnou bylo využívání nejrůznějších metod a pomůcek při výuce. Žáci byli dotazováni, zda při výuce genetiky využívali powerpointové prezentace, obrázky a schémata, zakoupené či přímo jimi vyrobené modely (např. DNA). Dále zda počítali příklady na Mendelovskou dědičnost, pracovali s učebnicí, skupinově, využívali materiály dostupné on-line, diskutovali, využívali animace a v poslední řadě, jestli se genetiku učili s pomocí výkladu vyučujícího, či samostudiem. Níže v tabulkách 22-25 jsou uvedeny další informace o těchto proměnných.

- ***využívání powerpointové prezentace při výuce genetiky***

Tabulka 22. Porovnání skupin žáků podle využívání powerpointové prezentací při hodinách biologie

Skupina žáků, která při výuce:	Počet žáků	Průměrný počet bodů	Medián	Směrodatná odchylka	Minimum bodů	Maximum bodů
využívala prezentace	170	96	108	43,3	2	163
nevyužívala prezentace	28	78,2	87,5	45,4	4	151

- ***využívání obrázků a schémat při výuce genetiky***

Tabulka 23. Porovnání skupin žáků podle využívání obrázků či schémat při výuce biologie

Skupina žáků, která při výuce:	Počet žáků	Průměrný počet bodů	Medián	Směrodatná odchylka	Minimum bodů	Maximum bodů
využívala obrázky a schémata	153	99	110	40,9	3	163
nevyužívala obrázky a schémata	45	75	86	49,2	2	151

- ***počítání příkladů na Mendelovskou genetiku***

Tabulka 24. Porovnání skupin žáků podle toho, zda počítali genetické příklady při hodinách biologie

Skupina žáků, která při výuce:	Počet žáků	Průměrný počet bodů	Medián	Směrodatná odchylka	Minimum bodů	Maximum bodů
počítala příklady	117	102	117	41,1	6	161
nepočítala příklady	81	80,9	99	45,1	2	163

- ***používání modelů při výuce genetiky***

Tabulka 25. Porovnání skupin žáků podle toho, zda využívali modely při výuce biologie

Skupina žáků, která při výuce modely:	Počet žáků	Průměrný počet bodů	Medián	Směrodatná odchylka	Minimum bodů	Maximum bodů
používala	22	115	120	35,7	31	163
nepoužívala	176	90,8	103	44,2	2	161

Signifikantní vliv na celkové dosažené skóre v testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice mělo po Bonferroniho korekci ($p < 0,004$) počítání příkladů na Mendelovskou dědičnost. Žáci, kteří odpověděli, že během výuky genetiky počítali příklady na Mendelovskou dědičnost, dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre s dobrou silou efektu v porovnání s těmi, kteří odpověděli, že je nepočítali. V tabulce 26 jsou

uvedeny p a U hodnoty a velikost účinku pro porovnání skupin, které jednotlivé metody a pomůcky při výuce využívaly, nebo nikoliv.

Tabulka 26. p a U hodnoty a velikost účinku pro (ne)používání jednotlivých metod a pomůcek při výuce

Proměnná	**p hodnota**	**U**	**Velikost účinku (bodová biseriální korelace)**
Využívali powerpointové prezentace	0,039	1801	0,243
Pracovali s obrázky a schématy	0,005	2486	0,278
Využívali zakoupené modely	0,011	1288	0,335
Vytvářeli vlastní modely	0,904	1429	0,019
Počítali příklady na Mendelovskou dědičnost (*)	<0,001	3259	0,312
Pracovali s učebnicí	0,890	1746	0,019
Dělali skupinové práce	0,711	3097	0,028
Využívali on-line dostupné materiály	0,111	2954	0,155
Diskutovali	0,269	2746	0,114
Využívali animace	0,302	4109	0,089
Probíhal výklad vyučujícího	0,132	1198	0,222
Učili se samostudiem	0,718	3802	0,033

* označení proměnných, u kterých byl signifikantních rozdíl mezi skupinami

4.3.4 Závislost správnosti odpovědi na počtu znaků

Výsledky testování závislosti mezi délkou odpovědi a její úrovní na škále správnosti u originálního testu *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017) a českého překladu Testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice ukázaly, že mezi těmito proměnnými není závislost (anglický originál R = 0,0938; R^2 = 0,00879, p = 0,198; český překlad R = 0,116; R^2 = 0,0136, p = 0,109). Tato závislost se neprokázala ani u českého překladu, ani u originální anglické verze. Počet bodů za danou odpověď, tedy úroveň na škále správnosti, se nedá predikovat z délky odpovědi.

4.3.5 Konfirmační faktorová analýza

Po ověření rozdělení položek českého překladu modelu podle faktorů původního testu *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017) pomocí sledovaných metrik jsem přijal model na základě indexů shody v tabulce 27, přestože p hodnota χ^2 p < 0,01.

Tabulka 27. Indexy shody modelu konfirmační faktorové analýzy

Parametr	df	CFI	TLI	SRMR	RMSEA
hodnota	528	0,939	0,928	0,046	0,043

Tabulka 28. Výsledky faktorových zátěží v konfirmovaném modelu

Faktor	Indikátor	Odhad faktorových zátěží	Směrodatná odchylka	Z	p
faktor 1	položka 1	0,718	0,098	7,3	<0,001
	položka 2	0,709	0,075	9,41	<0,001
	položka 3	0,447	0,057	7,78	<0,001
faktor 2	položka 4	1,061	0,155	6,87	<0,001
	položka 5	1,994	0,161	12,41	<0,001
	položka 6	1,447	0,172	8,41	<0,001

Tabulka 28 - pokračování. Výsledky faktorových zátěží v konfirmovaném modelu

Faktor	Indikátor	Odhad faktorových zátěží	Směrodatná odchylka	Z	p
faktor 3	položka 7	1,590	0,133	11,96	<0,001
	položka 8	0,928	0,122	7,6	<0,001
	položka 9	1,076	0,135	7,98	<0,001
faktor 4	položka 10	1,933	0,167	11,58	<0,001
	položka 11	1,845	0,156	11,81	<0,001
	položka 12	1,632	0,18	9,08	<0,001
faktor 5	položka 13	1,713	0,158	10,82	<0,001
	položka 14	0,999	0,113	8,82	<0,001
	položka 15	1,823	0,150	12,13	<0,001
faktor 6	položka 16	1,084	0,139	7,79	<0,001
	položka 17	1,412	0,149	9,45	<0,001
	položka 18	0,341	0,126	2,7	0,007
faktor 7	položka 19	1,049	0,12	8,73	<0,001
	položka 20	0,950	0,117	8,11	<0,001
	položka 21	0,595	0,093	6,37	<0,001
faktor 8	položka 22	1,287	0,14	9,18	<0,001
	položka 23	1,700	0,159	10,70	<0,001
	položka 24	1,382	0,144	9,61	<0,001
faktor 9	položka 25	1,576	0,117	13,52	<0,001
	položka 26	1,465	0,111	13,26	<0,001
	položka 27	1,637	0,128	12,8	<0,001
faktor 10	položka 28	1,711	0,152	11,27	<0,001
	položka 29	1,820	0,172	10,57	<0,001
	položka 30	1,322	0,144	9,21	<0,001

Tabulka 28 - pokračování. Výsledky faktorových zátěží v konfirmovaném modelu

Faktor	Indikátor	Odhad faktorových zátěží	Směrodatná odchylka	Z	p
faktor 11	položka 31	1,280	0,099	12,91	<0,001
	položka 32	1,357	0,105	12,93	<0,001
	položka 33	1,380	0,1	13,75	<0,001
faktor 12	položka 34	1,208	0,11	10,95	<0,001
	položka 35	1,386	0,11	12,63	<0,001
	položka 36	0,842	0,096	8,81	<0,001

Hodnoty sledovaných parametrů jednotlivých položek, až na položku 18, splňují akceptovatelné intervaly hodnot. Mají $p < 0,001$ a hodnotu odhadované faktorové zátěže $> 0,4$. Položka 18 má p hodnotu 0,007 a hodnotu odhadu faktorové zátěže 0,341, k faktoru 6 přispívá nedostatečně, jak ukazuje tabulka 28 .

4.4 Navržená netestovaná verze

Na základě vyhodnocení dat z testování verze 3 navrhuji dodatečné úpravy shrnuté v tabulce 29, které jsou součástí doporučené verze pro budoucí práci (Navržená netestovaná verze, viz příloha 5), již jsem v této práci netestoval.

Analýza distraktorů verze 3

Pro analýzu atraktivity jednotlivých distraktorů byla využita multinomická regrese. Analýza odhalila, že řada distraktorů je žáky v podstatě ignorována, a to přesto, že se nejednalo o distraktory odpovídající nejnižším úrovním učebního pokroku. Jedná se o odpovědi u položek 8d, 11f, 22e a 34c. Potenciální příčinou, proč některé odpovědi nebyly téměř vůbec žáky vybírány, či jen ve velmi nízkém množství, může spočívat ve špatné formulaci dané odpovědi.

Ať už chybným překladem (11f), nesrozumitelným zněním (8d, 22e), nebo nepřesně formulovanou odpovědí (34c).

Tabulka 29. Ukázky úprav některých distraktorů určitých položek verze 3 na navrženou netestovanou verzi

Formulace úrovně *d* u položky č. 8 ve verzi 3: *Proteiny mohou mít různé části nebo struktury, které provádějí různé funkce.* **Formulace úrovně *d* u položky č. 8 v navržené netestované verzi:** *Proteiny se mohou lišit v určitých částech a nebo mít jinou strukturu, v důsledku toho mohou mít různé funkce.*
Formulace úrovně *f* u položky č. 11 ve verzi 3: *Změna v DNA změní aminokyselinu a funkci proteinu, čímž se změní tvar červené krvinky.* **Formulace úrovně *f* u položky č. 11 v navržené netestované verzi:** *Změna v DNA změní aminokyselinu a funkčnost proteinu, následně se změní tvar červené krvinky.*
Formulace úrovně *e* u položky č. 22 ve verzi 3: *Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé ale ne. Lidé a mouchy mají některé geny shodné.* **Formulace úrovně *e* u položky č. 22 v navržené netestované verzi:** *Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé jsou stejné. Lidé a mouchy mají některé geny stejné.*
Formulace úrovně *c* u položky č. 34 ve verzi 3: *Geny jsou zapínány a vypínány během vývoje.* **Formulace úrovně *c* u položky č. 34 v navržené netestované verzi:** *Geny jsou zapínány a vypínány během vývoje jedince.*

5. Diskuze

Pro svoji diplomovou práci jsem si jako nástroj vybral test učebního pokroku, protože jeho vyhodnocením lze získat větší informační hodnotu než u běžně používaných testů s právě jednou správnou odpovědí (Corcoran et al., 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009). Zároveň jsem chtěl do českého kontextu přinést překlad tohoto nepříliš využívaného typu testu na biologické téma. Jako téma jsem si vybral genetiku a molekulární biologii, protože se tato témata považují za klíčová, kritická a dynamická místa českého kurikula (Rokos, 2023; Vágnerová et al., 2019).

Limity práce

Jedním z limitů práce je malý vzorek respondentů pro některé analýzy, a to, že odpovědi se neblížily normálnímu rozložení. Proto nebylo možné použít např. IRT modely, resp. interpretace Wrightovy mapy je pouze orientační. Obdobně chí kvadrát test u CFA indikoval rozdíl od modelu, nicméně jiné indexy ukázaly na použitelnost modelu. Respondenty byli žáci z dostupného výběru, jejichž oslovení učitelé s testováním souhlasili. Závěry z provedených analýz se proto vztahují pouze k tomuto vzorku a nejsou zobecnitelné na celou populaci. Dalším limitem při zpracovávání výsledků bylo stanovení multikriteriálního hraničního skóre, které bylo vyhodnoceno (mimo jiné) z profesních zkušeností pouze tří pedagogů a jen tří nejpoužívanějších učebnic biologie pro gymnázia.

Původně jsem očekával, že jedním z limitů budou i některé charakteristiky vlastního testu. Při jeho překladu jsem se na první pohled domníval, že míra správnosti dané odpovědi koreluje s její délkou (počtem znaků). Tato domněnka se nepotvrdila, což podle mého názoru zvyšuje validitu testu, jelikož neplatí přímá úměra mezi délkou a správností odpovědí. Předejde se tomu, aby žák volil právě tu nejdelší odpověď s předpokladem, že je nejsprávnější.

Dalším předpokládaným limitem byl rozsah testu a čas určený k jeho vyplňování. Původně jsem společně s některými učiteli předpokládal, že vyplňování testu zabere více než jednu vyučovací hodinu, což má zkušenost, ani zkušenost ostatních vyučujících, nepotvrdila. Rozsah testu byl negativně hodnocen i některými žáky, kteří se testování zúčastnili. Většina žáků test vyplnila ještě před ukončením konce vyučovací hodiny, jak dokumentuje i průměrný čas vyplňování testu (přibližně 30 minut) zaznamenaný v aplikaci, ve které bylo testování

uskutečňováno.

Nicméně rozsah testu (zadání i jednotlivé odpovědi) je dlouhý a často se jednotlivé odpovědi lišily jen v pár slovech. Proto je test i velmi náročný na pozornost, což je podle mého názoru samo o sobě velkým limitem. I když rozumím, že principiálně je tento test postaven na gradaci odpovědí s různou úrovní pochopení konkrétního tématu genetiky, je na místě hledat způsoby, jak délku zadání (popř. jednotlivých odpovědí) testu zkrátit. Výše zmíněné souvisí s tím, že mnoho žáků dávalo míru jistoty „Hádám". Právě stručnost znění testových položek je jedním z obecně platných doporučení při jejich tvorbě (Byčkovský, 1982; Chráska, 1999). V případě tohoto testu se u některých testových položek dá delší formulace omluvit potřebou určitého uvedení do kontextu či vysvětlení určité problematiky, od které se dále odvíjí zadání. Další doporučení dle Byčkovský (1982) a Chráska (1999), aby testové položky s výběrem odpovědi obsahovaly minimálně čtyři možnosti výběru, tento test splňuje.

Jedním přístupem směřujícím ke zkrácení testu by mohlo být odstranění některých položek. Na základě CFA analýzy jsem potvrdil, že jednotlivé položky v české verzi testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice odpovídají konstruktům tak, jak je navrhli autoři *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics"* (Todd et al., 2017). Logistická kumulativní regrese s IRT parametrizací ukázala, že u některých konstruktů mají všechny tři (popř. dvě) položky velmi podobný trend pravděpodobnosti výběru dané odpovědi, tj. dostání se na určitou úroveň pochopení určitého konstruktu (např. položky konstruktů F, G2, I). V těchto vybraných případech by se mohl celkový počet testových položek testující daný konstrukt zkrátit ze tří např. na dvě testové položky, což by snížilo množství položek v testu o tři položky.

Učební pokrok žáků v genetice

Z vyhodnocení dat testu učebního pokroku lze zjistit, na kterou úroveň se dostala např. většina respondentů, a dále účelově pracovat na tom, aby se z této úrovně posunuli na následující úroveň odpovídající vyššímu pochopení danému tématu. Zároveň lze z dat kvantitativně vidět i velikost přechodů mezi jednotlivými úrovněmi, tj. relativní náročnost dostání se z jedné úrovně porozumění tématu na další. To jsou některé z výhod testu učebního pokroku oproti testům s právě jednou správnou odpovědí (Corcoran et al., 2009). Na to, aby se žákům pomohl překonat velký přechod mezi dvěma úrovněmi, mohou cílit různé aktivity, mnemotechnické pomůcky, jasnější vysvětlení, obrázkový doprovod apod. Jako příklad lze

uvést konstrukt F (existují vzory vztahů a korelací mezi geny a znaky, položky č. 19, 20 a 21). Obecně v jeho testových položkách většina žáků vybírala ty odpovědi, které zmiňovaly úroveň alel (pojetí Mendelovské genetiky), nikoliv úrovně proteinů či aminokyselin (molekulární úroveň). Právě přechod mezi úrovní odpovídající Mendelovskému pojetí genetiky a úrovní molekulární byl pro testované žáky nejnáročnější. To odpovídá zjištění popsanému autorem Marbach-Ad (2001), že žáci při učení se molekulární genetice často nedostatečně prováží nové poznatky molekulární genetiky s naučenými principy Mendelovské genetiky, z čehož poté plyne nepochopení souvislostí mezi proteiny a znaky. Dalším možným vysvětlením výše zmíněného závěru by mohlo být zjištění, že žákům je bližší Mendelovská genetika a geny chápou spíše jako vlohy podílející se na utváření znaků než jako konkrétní úseky DNA (Dougherty et al., 2011). Příčina může být v tom, že se čeští žáci spíše seznámí při výuce genetiky s Mendelovou dědičností. Molekulární genetika se z časových důvodů, ale i z hlediska náročnosti může významně v běžných hodinách biologie zkrátit, či probírat až ve výběrových seminářích. Duncan et al. (2016) ve své práci ukázali, že pochopení principů molekulární genetiky může žákům pomoci v následném studiu mendelovské genetiky. Začínat molekulární biologií by mohlo vést nejen k efektivnímu dosažení vyšších úrovní pochopení konstruktů v testu, ale i genetice jako celku. Zároveň by provázání těchto dvou přístupů mohlo eliminovat některé miskoncepce.

Vyhodnocení dat ukazuje, že žáci chybují v definicích a ve vzájemných vztazích mezi základními genetickými pojmy (DNA, gen, genom, nukleotid). To se shoduje se závěry mnoha publikací (Abraham et al., 2014b; Banet & Ayuso, 2000a; Haambokoma, 2007; Lewis & Kattmann, 2004; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Mungsing, 1993; Vlčková et al., 2016). Z toho poté plynou miskoncepce a nesprávné pochopení navazující probírané látky v genetice. Vlčková et al. (2016) jako nejproblematičtější zmiňují pojem DNA (ve srovnání s pojmy jako gen, chromozom), termín chromozom je naopak nejproblematičtějším pojmem podle Saka et al. (2006).

U položek č. 25, 26 a 27 podle výsledků analýzy chybělo českým žákům propojení molekulární biologie a evolučního aspektu, což se shoduje s výsledky Speth et al. (2014) a Zhao & Schuchardt (2019), kteří obdobný problém ukázali ve Spojených státech amerických u VŠ studentů biologie.

U položky č. 5 si byly čtvrtá odpověď (*„geny kódují věci uvnitř buněk"*) a pátá odpověď (*„geny kódují proteiny"*) blízké. Jakmile tedy žáci dosáhli úrovně, že jde v tomto případě o něco uvnitř buněk, typicky ví o proteinech, což lze vnímat jako povzbudivé. U položky č. 6 je

zajímavé, že přechod mezi dvěma nejsprávnějšími úrovněmi je mnohem větší, než-li je tomu mezi stejnými úrovněmi v případě položky č. 5. Přitom se jedná o testové položky testující stejný konstrukt B (*„geny kódují proteiny"*). Vysvětlení může být takové, že položka č. 6 testuje porozumění tomuto konstruktu na konkrétním případě (barva korunních lístků), kdežto položka č. 5 se na totéž táže v obecné, teoretické rovině. Mezinárodní šetření TIMSS ukázalo, že čeští žáci 4. ročníku neumí aplikovat naučené teoretické, obecné poznatky na konkrétní situace (Tomášek et al., 2016). To je v souladu s Marbach-Ad et Stavy (2000), kteří tento problém u žáků popsali konkrétně v genetice, a jejichž závěr se shoduje i s mými výsledky. Stejný problém lze vidět i u položek např. č. 9, 11 a 30, které rovněž testují porozumění danému konstruktu na konkrétním příkladě. Zajímavé je, že u položky č. 11 založené na konkrétním příkladu srpkovité anémie žáci dosahovali i úrovně zmiňující aminokyseliny, i když v teoreticky zaměřené úloze to nezvládali (položka č. 10). Příčinou může být to, že srpkovitá anémie je často používaný příklad (Kočárek, 2008; Zicháček 2021), tj. o tom nejspíše slyšeli při výuce. Nejvyšší úroveň v testové položce č. 11 nedávali nejspíš proto, že byla špatně formulovaná.

Duncan et Reiser (2007) ve své práci zmiňují, že žáci v desátém ročníku školní docházky si často nebyli vědomi nejrůznějších funkcí vykonávaných proteiny v buňkách těla. Naproti tomu čeští žáci (ve dvanáctém ročníku školní docházky) dosáhli úrovně demonstrující pochopení, že proteiny mají v buňkách různé funkce a vykonávají práci.

Žáci v položce týkající se meiózy dosahovali úrovní, které zmiňují obecně platné principy tohoto typu buněčného dělení. Náročný pro ně byl přechod k nejvyšší úrovní, která zmiňuje význam meiózy v kontextu výměny genetického materiálu mezi chromozomy a reprodukce z hlediska genetické variability potomstva, přičemž příčinou může být oddělení obou témat při výuce (Strand & Boes, 2019). Nízkou úroveň znalostí meiotického dělení u studentů VŠ popsali i Awang-Kanak et al. (2016). Meióza se může zmiňovat spíše v rámci cytologie, která je mnohdy vyučována v prvních ročnících SŠ, genetika naopak až ke konci třetího ročníku SŠ. Z tohoto důvodu si žáci nemusí dát do souvislosti meiózu právě s její genetickou podstatou. Někteří čeští středoškolští žáci v mé práci v souladu s Mungsing (1993) dosáhli úrovně, která připouští dědičný přenos mutací v somatických buňkách jedince na jeho potomky.

Čeští žáci obvykle nedosahovali úrovní pochopení vlivu prostředí na genetickou informaci, které vysvětlují jeho vliv přímo na DNA nebo proteiny. Většina žáků dosáhla úrovně

popisující, že vnější prostředí interaguje s genetickou informací a může ovlivnit buňky, tkáně a orgány organismů. To je rozdíl od závěrů Duncan et Reiser, 2007; Mills Shaw et al., 2008. Ti ukázali, že žáci se velmi často domnívají, že vnější prostředí nemá žádný vliv na genetickou informaci, či naopak znaky jedince determinuje čistě prostředí, ve kterém žije.

Vliv vysvětlujících proměnných na celkové skóre

Subjektivně vnímaná důležitost oboru a postoj k němu může souviset i s oborovými znalostmi (Florianová, 2015), což se potvrdilo i v mé práci. Žáci, kteří považují genetiku za důležitou pro život, dosahovali prokazatelně vyššího celkového skóre v porovnání s těmi, kteří ji spíše nebo vůbec za důležitou nepokládají. Rovněž žáci, kteří se budou v rámci studia VŠ věnovat biologii, či navštěvují biologický seminář, dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre než ti, jejichž budoucí vzdělávání nebude přírodovědně zaměřené. To je v souladu se závěry Weinburgh (1995), podle které má zaměření žáků pozitivní vliv na jejich výsledky v dané oblasti. Žáci, kteří se zúčastnili přírodovědně zaměřených soutěží, svou přípravou, ale i během soutěže samotné rozvíjeli nabyté vědomosti a dovednosti v tématu. Proto dosahovali vyššího celkového skóre v tomto testu než ti, kteří se jich neúčastnili. Stejný závěr o vlivu přírodovědných soutěží na znalosti učinili i Abernathy & Vineyard (2001). To také zprostředkovaně ukazuje na validitu českého překladu testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice.

Žáci, kteří při výuce genetiky počítali příklady na Mendelovskou dědičnost dosahovali signifikantně vyššího celkového skóre v porovnání s těmi, kteří odpověděli, že je nepočítali. Přestože výzkumy Lewalter (2003), Marbach-Ad et al. (2008) a Rotbain et al. (2006) popisují, že využívání modelů, animací a ilustrací zefektivňuje a zlepšuje výukový proces, v mém vzorku žáků se to z hlediska výsledku testu učebního pokroku v molekulární biologii a genetice nepotvrdilo. Z důvodu náročnosti genetiky pro žáky a její abstraktní povaze (Knippels et al., 2005) je žádoucí, aby se právě tyto metody při výuce genetiky používaly. Většina žáků považuje využívání animací, ilustrací a modelů za názornou a přínosnou (Byrd, 2000; Lewalter, 2003; Malacinski & Zell, 1996).

6. Závěr

Ve své diplomové práci jsem přeložil a následně validoval test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice určený pro žáky gymnázií vycházející z *„Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics“* (Todd et al., 2017). Dále jsem posoudil vliv vysvětlujících proměnných na úroveň pochopení molekulárně biologických a genetických konceptů.

Hlavní výhodou testu založeného na učebním pokroku je relativně větší informační hodnota o dosažené úrovni pochopení v konkrétním tématu konkrétní testové položky. V rámci vyhodnocování lze z jednotlivých přechodů mezi úrovněmi vyvodit, které úrovně jsou pro žáky pro dosažení nejnáročnější, a naopak, že při dosažení určité úrovně lze relativně snadno přejít na následující, vyšší úroveň pochopení. Nevýhodou je naopak rozsah testu.

Ukázalo se, že čeští žáci si nepropojují proteiny se znaky a je pro ně náročné dosáhnout molekulární úrovně znalostí z genetiky. Jsou si ale vědomi toho, že proteiny vykonávají v buňkách důležité funkce. Dále chybují v definicích a ve vzájemných vztazích mezi základními genetickými pojmy, nedávají si do souvislosti genetiku s jejím evolučním aspektem ani s genetickými procesy probíhajícími při buněčném dělení. Neumí aplikovat teoretické poznatky na konkrétní příklady, s výjimkou srpkovité anémie. Většina žáků dosáhla úrovně pochopení, že životní prostředí může ovlivnit naše tkáně a orgány, nedosahovali ale úrovně, která by tento vliv konkrétněji vysvětlovala.

Výše popsané závěry analytické části této práce mohou v budoucnu např. sloužit k tvorbě výukových materiálů, které zacílí právě na problematické oblasti či miskoncepce. Dále obecně pro informovanost učitelů biologie, kteří se mohou, kromě možnosti využívání testu jako procvičovacího materiálu do výuky, soustředit při výkladu s konkrétní třídou na posun na vyšší úrovně pochopení v určité oblasti genetiky. Formou pre-testu se dá zmapovat okamžitá úroveň žáků, na níž se bude v dalším výukovém procesu dále stavět.

V budoucnosti se dá, např. na základě výše zmíněných limitů, česká verze testu upravit, aby tento v českém prostředí netradiční typ testu sloužil jako relevantní nástroj pro procvičování a posouvání se na vyšší úrovně pochopení v jednom z nejnáročnějších oborů biologie, kterým moderní genetika rozhodně je.

7. Seznam tabulek a grafů

Seznam tabulek

Tabulka 1. Přehled konstruktů pro různé úrovně vzdělávání

Tabulka 2. Upravené znění konstruktu E

Tabulka 3. Upravené znění konstruktu A

Tabulka 4. Upravené znění konstruktu F

Tabulka 5. Revize konstruktu A

Tabulka 6. Revize konstruktu B

Tabulka 7. Revize konstruktu C – první část

Tabulka 8. Revize konstruktu C – druhá část

Tabulka 9. Revize konstruktu D

Tabulka 10. Přehled 12 konstruktů, ze kterých vycházejí položky v testu

Tabulka 11. Přehled jednotlivých úrovní ke konstruktům

Tabulka 12. Gymnázia, jejichž žáci se zúčastnili testování

Tabulka 13. Ukázky úprav verze 1 → 2 dle připomínek odborníků a didaktiků

Tabulka 14. Ukázky úprav verze 2 → 3 dle připomínek respondentů a položkové analýzy

Tabulka 15. Základní popisné parametry pro 198 respondentů

Tabulka 16. Přehled dosažených úrovní u jednotlivých testových položek

Tabulka 17. Porovnání skupin žáků podle účasti žáků na biologickém semináři

Tabulka 18. Porovnání skupin žáků podle účasti žáků na přírodovědných soutěžích

Tabulka 19. Porovnání skupin žáků podle jejich budoucího zaměření

Tabulka 20. Porovnání skupin žáků podle celkové doby výuky genetiky

Tabulka 21. Porovnání skupin žáků podle vnímané důležitosti genetiky

Tabulka 22. Porovnání skupin žáků podle využívání prezentací při hodinách biologie

Tabulka 23. Porovnání skupin žáků podle využívání obrázků či schémat při výuce biologie

Tabulka 24. Porovnání skupin žáků podle toho, zda počítali genetické příklady při hodinách biologie

Tabulka 25. Porovnání skupin žáků podle toho, zda využívali modely při výuce biologie

Tabulka 26. p a U hodnoty a velikost účinku pro (ne)používání jednotlivých metod a pomůcek při výuce

Tabulka 27. Indexy shody modelu konfirmační faktorové analýzy

Tabulka 28. Výsledky faktorových zátěží v konfirmovaném modelu

Tabulka 29. Ukázky úprav některých distraktorů určitých položek verze 3 na navrženou netestovanou verzi

Seznam grafů

Graf 1. Položková analýza

Graf 2. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací sloučeného skóre testových položek č. 1-3

Graf 3. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 5

Graf 4. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 4

Graf 5. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 7

Graf 6. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 9

Graf 7. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 10

Graf 8. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 11

Graf 9. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 13

Graf 10. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 15

Graf 11. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 16

Graf 12. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 17

Graf 13. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 19

Graf 14. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 22

Graf 15. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 24

Graf 16. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 27

Graf 17. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 28

Graf 18. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 30

Graf 19. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 31

Graf 20. Kumulativní logistická regrese s IRT parametrizací testové položky č. 35

Graf 21. Wrightova mapa

Graf 22. Závislost celkového skóre na budoucím zaměření žáků

Graf 23. Závislost celkového skóre na celkovém času výuky genetiky

Graf 24. Závislost celkového skóre na vnímané důležitosti genetiky pro žáky

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). Project 2061: Benchmarks for Science Literacy. New York: Oxford University Press. http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php

Abernathy, T. V., & Vineyard, R. N. (2001). Academic Competitions in Science: What Are the Rewards for Students? *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, *74*(5), 269–276. https://doi.org/10.1080/00098650109599206

Abraham, J. K., Perez, K. E., & Price, R. M. (2014). The Dominance Concept Inventory: A Tool for Assessing Undergraduate Student Alternative Conceptions about Dominance in Mendelian and Population Genetics. *CBE—Life Sciences Education*, *13*(2), 349–358. https://doi.org/10.1187/cbe.13-08-0160

Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, *19*(6), 716–723. https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705

Aldahmash, A. H., Alshaya, F. S., & Asiri, A. A. (2012). Secondary school students' Alternative conceptions about genetics. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, *16*(1), Article 1. https://ejrsme.icrsme.com/article/view/7401

Allchin, D. (2003). Scientific myth-conceptions. *Science Education*, *87*(3), 329–351. https://doi.org/10.1002/sce.10055

Allchin, D. (2017). Round versus Wrinkled: Gregor Mendel as Icon. In D. Allchin, *Sacred Bovines*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780190490362.003.0031

Awang-Kanak, F., Masnoddin, M., Matawali, A., Daud, M., Nur, & Jumat, N. R. (2016). Difficulties Experience by Science Foundation Students on Basic Mendelian Genetics Topic: A Preliminary Study. Transactions on science and technology, *3*, 283–290.

Bahar, M., Johnstone, A., & Hansell, M. (2010). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, *Spring 1999*, 84–86. https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655648

Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, *84*(3), 313–351. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<313::AID-SCE2>3.0.CO;2-N

Bowling, B. V., Acra, E. E., Wang, L., Myers, M. F., Dean, G. E., Markle, G. C., Moskalik, C. L., & Huether, C. A. (2008). Development and Evaluation of a Genetics Literacy Assessment Instrument for Undergraduates. *Genetics*, *178*(1), 15–22. https://doi.org/10.1534/genetics.107.079533

Byčkovský, P. (1982). *Základy měření výsledků výuky*.

Byrd, J. J. (2000). Teaching outside the (Cereal) Box: A Molecular Genetics Activity. *The American Biology Teacher*, *62*(7), 508–511. https://doi.org/10.2307/4450959

Byrne, B. M. (1994). Burnout: Testing for the Validity, Replication, and Invariance of Causal Structure Across Elementary, Intermediate, and Secondary Teachers. *American Educational Research Journal*, *31*(3), 645–673. https://doi.org/10.3102/00028312031003645

Castro-Faix, M., Duncan, R. G., & Choi, J. (2021). Data-driven refinements of a genetics learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, *58*(1), 3–39. https://doi.org/10.1002/tea.21631

Cimer, A. (2012). What Makes Biology Learning Difficult and Effective: Students' Views. *Educational Research and Reviews*, *7*(3), 61–71. https://doi.org/10.5897/ERR11.205

Cisterna, D., Williams, M., & Merritt, J. (2013). Students' Understanding of Cells & Heredity: Patterns of Understanding in the Context of a Curriculum Implementation in Fifth & Seventh Grades. *The American Biology Teacher*, *75*(3), 178–184. https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.3.6

Condit, C. (2001). What is „public opinion" about genetics? *Nature Reviews Genetics*, *2*(10), 811–815. https://doi.org/10.1038/35093580

Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). Learning Progressions in Science: An Evidence-Based Approach to Reform. CPRE Research Report # RR-63. In *Consortium for Policy Research in Education*. Consortium for Policy Research in Education.

https://eric.ed.gov/?id=ED506730

Corcos, A., & Monaghan, F. (1985). Some Myths about Mendel's Experiments. *The American Biology Teacher*, *47*(4), 233–236. https://doi.org/10.2307/4448025

Couch, B. A., Wood, W. B., & Knight, J. K. (2015). The Molecular Biology Capstone Assessment: A Concept Assessment for Upper-Division Molecular Biology Students. *CBE—Life Sciences Education*, *14*(1), ar10. https://doi.org/10.1187/cbe.14-04-0071

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, *16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Cystic Fibrosis Foundation (n.d.); https://www.cff.org

Deutch, C. E. (2018). Mendel or Molecules First: What is the Best Approach for Teaching General Genetics? *The American Biology Teacher*, *80*(4), 264–269. https://doi.org/10.1525/abt.2018.80.4.264

Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays*, *5*.

Doble, J. (1995). Public opinion about issues characterized by technological complexity and scientific uncertainty. *Public Understanding of Science*, *4*(2), 95–118. https://doi.org/10.1088/0963-6625/4/2/001

Donovan, J., & Venville, G. (2012). Exploring the influence of the mass media on primary students' conceptual understanding of genetics. *Education 3-13*, *40*(1), 75–95. https://doi.org/10.1080/03004279.2012.635058

Donovan, J., & Venville, G. (2014). Blood and Bones: The Influence of the Mass Media on Australian Primary School Children's Understandings of Genes and DNA. *Science & Education*, *23*(2), 325–360. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9491-3

Dorji, K., Tshering, P., & Dorji, U. (2017). *Understanding of Genetic Entities: Exploration of Bhutanese Students' Conceptual Status*.

Dougherty, M. J. (2009). Closing the Gap: Inverting the Genetics Curriculum to Ensure an Informed Public. *The American Journal of Human Genetics*, *85*(1), 6–12.

https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2009.05.010

Dougherty, M. J., Pleasants, C., Solow, L., Wong, A., & Zhang, H. (2011). A Comprehensive Analysis of High School Genetics Standards: Are States Keeping Pace with Modern Genetics? *CBE—Life Sciences Education*, *10*(3), 318–327. https://doi.org/10.1187/cbe.10-09-0122

Duncan, R. G., Castro-Faix, M., & Choi, J. (2016). Informing a learning progression in genetics: which should be taught first, Mendelian inheritance or the central dogma of molecular biology? *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*(3), 445–472. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9568-3

Duncan, R. G., Freidenreich, H. B., Chinn, C. A., & Bausch, A. (2011). Promoting Middle School Students' Understandings of Molecular Genetics. *Research in Science Education*, *41*(2), 147–167. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9150-0

Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 606–609. https://doi.org/10.1002/tea.20316

Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(7), 938–959. https://doi.org/10.1002/tea.20186

Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 655–674. https://doi.org/10.1002/tea.20312

Durmaz, A. A., Karaca, E., Demkow, U., Toruner, G., Schoumans, J., & Cogulu, O. (2015). Evolution of genetic techniques: Past, present, and beyond. *BioMed Research International*, *2015*, 461524. https://doi.org/10.1155/2015/461524

Elmesky, R. (2013). Building Capacity in Understanding Foundational Biology Concepts: A K-12 Learning Progression in Genetics Informed by Research on Children's Thinking and Learning. *Research in Science Education*, *43*(3), 1155–1175. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9286-1

Etobro, A. B., & Banjoko, S. O. (2017). Misconceptions of genetics concepts among pre-service teachers. *Global Journal of Educational Research*, *16*(2), Article 2. https://doi.org/10.4314/gjedr.v16i2.6

Fairbanks, D. J., & Rytting, B. (2001). Mendelian controversies: A botanical and historical review. *American Journal of Botany*, *88*(5), 737–752. https://doi.org/10.2307/2657027

Fakultní nemocnice Brno (n.d.); https://www.fnbrno.cz/areal-bohunice/neurologicka-klinika/spinalni-muskularni-atrofie-sma/t7813

Finley, F., Stewart, J., & Yarroch, W. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, *66*, 531–538. https://doi.org/10.1002/sce.3730660404

Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, *22*(1), 53–62. https://doi.org/10.1002/tea.3660220105

Florianová, A. (2015). Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií. *Scientia in educatione*, *6*(2), 74–103. https://doi.org/10.14712/18047106.231

Gil-Perez, D., & Carrascosa, J. (1990). What to do about science „misconceptions." *Science Education*, *74*(5), 531–540. https://doi.org/10.1002/sce.3730740504

Haambokoma, C. (2007). *Nature and Causes of Learning Difficulties in Genetics at High School Level in Zambia <Review>* (1). https://doi.org/10.15027/28479

Harkness, J., Pennell, B.-E., & Schoua-Glusberg, A. (2004). Survey Questionnaire Translation and Assessment. In S. Presser, J. M. Rothgeb, M. P. Couper, J. T. Lessler, E. Martin, J. Martin, & E. Singer (Ed.), *Wiley Series in Survey Methodology* (s. 453–473). John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1002/0471654728.ch22

Haskel-Ittah, M. (2023). Explanatory black boxes and mechanistic reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, *60*(4), 915–933. https://doi.org/10.1002/tea.21817

Haskel-Ittah, M., Duncan, R. G., & Yarden, A. (2020). Students' Understanding of the Dynamic Nature of Genetics: Characterizing Undergraduates' Explanations for Interaction between Genetics and Environment. *CBE—Life Sciences Education*, *19*(3), ar37. https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0221

Hinton, P., McMurray, I., & Brownlow, C. (2014). *SPSS Explained*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315797298

Hsu, H.-Y., Kwok, O.-M., Lin, J. H., & Acosta, S. (2015). Detecting Misspecified Multilevel Structural Equation Models with Common Fit Indices: A Monte Carlo Study. *Multivariate Behavioral Research*, *50*(2), 197–215. https://doi.org/10.1080/00273171.2014.977429

Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *6*(1), 1–55. https://doi.org/10.1080/10705519909540118

Chráska, M. (1999). *Didaktické testy*.

Chu, Y.-C. (2008). *Learning difficulties in genetics and the development of related attitudes in Taiwanese junior high schools* [PhD, University of Glasgow]. https://eleanor.lib.gla.ac.uk/record=b2624722

Ibáñez Orcajo, T., & Martínez Aznar, M. (2005). Solving Problems in Genetics II: Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, *27*(12), 1495–1519. https://doi.org/10.1080/09500690500186584

Janštová, V., & Jáč, M. (2015). Výuka molekulární biologie na gymnáziích: Analýza současného stavu a možnosti její podpory. *Scientia in educatione*, *6*(1), 14–39. https://doi.org/10.14712/18047106.145

Janštová, V., & Lišková, K. (2021). Genetics misconceptions of high school students. In M. Rusek, M. Tothova, & K. Vojir (Ed.), *Project-Based Education and Other Activating Strategies in Science Education Xviii (pbe 2020)* (s. 170–177). Charles Univ Prague.

Janštová, V., Tichá, N., & Novotný, P. (2022). Perception of Biological Disciplines by Upper Secondary School Students. In K. Korfiatis & M. Grace (Ed.), *Current Research in Biology Education* (s. 219–230). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_17

Jelínek, J., & Zicháček, V. (2021). *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*

(12. rozš. vyd.). Nakladatelství Olomouc.

Jin, H., Mikeska, J. N., Hokayem, H., & Mavronikolas, E. (2019). Toward coherence in curriculum, instruction, and assessment: A review of learning progression literature. *Science Education*, *103*(5), 1206–1234. https://doi.org/10.1002/sce.21525

Johnston, R. (2023). Is it time to remove Mendel from the school curriculum? *Journal of Biological Education*, *57*(4), 707–708. https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2243690

Kacovsky, P. (2015). Grammar school students' misconceptions concerning thermal phenomena. *Journal of Baltic Science Education*, *14*(2), 194–206.

Kalas, P., O'Neill, A., Pollock, C., & Birol, G. (2013). Development of a Meiosis Concept Inventory. *CBE—Life Sciences Education*, *12*(4), 655–664. https://doi.org/10.1187/cbe.12-10-0174

Kampourakis, K. (2021). Should We Give Peas a Chance? An Argument for a Mendel-Free Biology Curriculum. In M. Haskel-Ittah & A. Yarden (Ed.), *Genetics Education* (s. 3–16). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86051-6_1

Kibuka-Sebitosi, E. (2007). Understanding genetics and inheritance in rural schools. *Journal of Biological Education*, *41*(2), 56–61. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656063

Kılıç, D., Taber, K. S., & Winterbottom, M. (2016). A Cross-National Study of Students' Understanding of Genetics Concepts: Implications from Similarities and Differences in England and Turkey. *Education Research International*, *2016*, 1–14. https://doi.org/10.1155/2016/6539626

Knippels, M.-C. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, *39*(3), 108–112. https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976

Kočárek, E. (2004). *Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika*. Scientia.

Kolchinsky, E. I., Kutschera, U., Hossfeld, U., & Levit, G. S. (2017). Russia's new Lysenkoism. *Current Biology*, *27*(19), R1042–R1047. https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.07.045

Koziol, N. A., & Bovaird, J. A. (2018). The Impact of Model Parameterization and Estimation

Methods on Tests of Measurement Invariance With Ordered Polytomous Data. *Educational and Psychological Measurement*, *78*(2), 272–296. https://doi.org/10.1177/0013164416683754

Kraft, M. A. (2020). Interpreting Effect Sizes of Education Interventions. *Educational Researcher*, *49*(4), 241–253. https://doi.org/10.3102/0013189X20912798

Krpec, R. (2022). Mapa učebního pokroku v profesní praxi studentů ve výuce elementární aritmetiky. *4*(2).

Lanie, A. D., Jayaratne, T. E., Sheldon, J. P., Kardia, S. L. R., Anderson, E. S., Feldbaum, M., & Petty, E. M. (2004). Exploring the public understanding of basic genetic concepts. *Journal of Genetic Counseling*, *13*(4), 305–320. https://doi.org/10.1023/b:jogc.0000035524.66944.6d

Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, *13*(2), 177–189. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00019-1

Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, *26*(2), 195–206. https://doi.org/10.1080/0950069032000072782

Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance—Do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, *22*(2), 177–195. https://doi.org/10.1080/095006900289949

Li, C.-H. (2016). Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares. *Behavior Research Methods*, *48*(3), 936–949. https://doi.org/10.3758/s13428-015-0619-7

Machová, M. (2020). Genetika v učebnicích biologie a přírodopisu: Historie a současnost. *Scientia in educatione*, *11*(2), Article 2. https://doi.org/10.14712/18047106.1729

Machová, M., & Ehler, E. (2021). Secondary school students' misconceptions in genetics: Origins and solutions. *Journal of Biological Education*, *0*(0), 1–14. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136

Malacinski, G. M., & Zell, P. W. (1996). Manipulating the „Invisible": Learning Molecular Biology Using Inexpensive Models. *The American Biology Teacher*, *58*(7), 428–432. https://doi.org/10.2307/4450197

Maliha Ansari, Rabia Sadaf, Aisha Akbar, Sabahat Rehman, Zunnera Rashid Chaudhry, & Sabeen Shakir. (2022). Assessment of distractor efficiency of MCQS in item analysis. *The Professional Medical Journal*, *29*(05), 730–734. https://doi.org/10.29309/TPMJ/2022.29.05.6955

Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, *35*(4), 183–189. https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775

Marbach-Ad, G., Rotbain, Y., & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(3), 273–292. https://doi.org/10.1002/tea.20222

Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, *34*(4), 200–205. https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655718

Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J., & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, *40*(2), 53–60. https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656014

Martinková, P., & Drabinová, A. (2019). ShinyItemAnalysis for Teaching Psychometrics and to Enforce Routine Analysis of Educational Tests. *The R Journal*, *10*(2), 503. https://doi.org/10.32614/RJ-2018-074

McElhinny, T. L., Dougherty, M. J., Bowling, B. V., & Libarkin, J. C. (2014). The Status of Genetics Curriculum in Higher Education in the United States: Goals and Assessment. *Science & Education*, *23*(2), 445–464. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9566-1

Meade, A. W., Johnson, E. C., & Braddy, P. W. (2008). Power and sensitivity of alternative fit indices in tests of measurement invariance. *The Journal of Applied Psychology*, *93*(3), 568–592. https://doi.org/10.1037/0021-9010.93.3.568

Mills Shaw, K. R., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. *Genetics*, *178*(3), 1157–1168. https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194

MŠMT (2008). Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání 72 41 M/01 Informační služby (2001). http://rvp.cz/informace/wp-content/uploads/2009/09/RVP-7241M01.pdf

Mungsing, W. (1993). *Students' alternative conceptions about genetics and the use of teaching strategies for conceptual change*. ERA. https://doi.org/10.7939/R3DN40686

Neckář, Dalibor. *Inovativní formy hodnocení v současné škole se zaměřením na projekt Mapy učebního pokroku*. Diplomová práce, vedoucí Chvál, Martin. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Ústav výzkumu a rozvoje vzdělávání, 2017.

Novorozenecký screening (n.d.); https://www.novorozeneckyscreening.cz/ov-co-je-novorozenecky-screening

Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S.-Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(6), 821–846. https://doi.org/10.1002/tea.21316

Osman, E., BouJaoude, S., & Hamdan, H. (2017). An Investigation of Lebanese G7-12 Students' Misconceptions and Difficulties in Genetics and Their Genetics Literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(7), 1257–1280. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9743-9

Ozcan, T., Ozgur, S., Kat, A., & Elgun, S. (2014). Identifiying and Comparing the Degree of Difficulties Biology Subjects by Adjusting it is Reasons in Elemantary and Secondary Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *116*, 113–122. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.177

Ozcan, T., Yildirim, O., & Ozgur, S. (2012). Determining of the University Freshmen Students' Misconceptions and Alternative Conceptions about Mitosis and Meiosis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *46*, 3677–3680. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.126

Radick, G. (2023). *Disputed Inheritance: The Battle Over Mendel and the Future of BiologyGregory RadickChicago, IL: University of Chicago Press, 2023*. https://doi.org/10.1096/fj.202300212

Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Open University Press.

Rokos, L. (2023). Kritická místa kurikula ve výuce přírodopisu a biologie pohledem studentů učitelství *[Critical issues of the curriculum in the biology teaching from the perspective of pre-service teachers]*. *2023*, 1–11.

Roseman, J., Caldwell, A., Gogos, A., & Kurth, L. (2006). *Mapping a Coherent Learning Progression for the Molecular Basis of Heredity*.

Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(5), 500–529. https://doi.org/10.1002/tea.20144

Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R., & Ayas, A. (2006). A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and Chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, *15*(2), 192–202. https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6

Shea, N. A., & Duncan, R. G. (2013). From Theory to Data: The Process of Refining Learning Progressions. *The Journal of the Learning Sciences*, *22*(1), 7–32.

Schneeweiß, N., & Gropengießer, H. (2019). Organising Levels of Organisation for Biology Education: A Systematic Review of Literature. *Education Sciences*, *9*(3), 207. https://doi.org/10.3390/educsci9030207

Schneeweiß, N., & Gropengießer, H. (2022). The Zoom Map: Explaining Complex Biological Phenomena by Drawing Connections Between and in Levels of Organization. In O. Ben Zvi Assaraf & M.-C. P. J. Knippels (Ed.), *Fostering Understanding of Complex Systems in Biology Education* (s. 123–149). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98144-0_7

Schneeweiß, N., Mölgen, L., & Gropengießer, H. (2022). Guiding students' explanations across levels of biological organisation: The case of wilted plants. *Journal of Biological Education*, 1–21. https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2134174

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (1996). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling: Fourth Edition* (2. vyd.). Psychology Press. https://doi.org/10.4324/9781410610904

Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *The Annals of Statistics*, *6*(2), 461–464.

Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Implications of Research on Children's Learning for Standards and Assessment: A Proposed Learning Progression for Matter and the Atomic-Molecular Theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, *4*, 1–98.

Smith, M., & Gericke, N. (2013). Mendel in the Modern Classroom. *Science & Education*, *24*. https://doi.org/10.1007/s11191-013-9629-y

Smith, M. K., & Knight, J. K. (2012). Using the Genetics Concept Assessment to Document Persistent Conceptual Difficulties in Undergraduate Genetics Courses. *Genetics*, *191*(1), 21–32. https://doi.org/10.1534/genetics.111.137810

Smith, M. K., Wood, W. B., & Knight, J. K. (2008). The Genetics Concept Assessment: A New Concept Inventory for Gauging Student Understanding of Genetics. *CBE—Life Sciences Education*, *7*(4), 422–430. https://doi.org/10.1187/cbe.08-08-0045

Sorgo, A., & Siling, R. (2017). Fragmented Knowledge and Missing Connections between Knowledge from Different Hierarchical Organisational Levels of Reproduction among Adolescents and Young Adults. *Center for Educational Policy Studies Journal*, *7*. https://doi.org/10.26529/cepsj.15

Speth, E. B., Shaw, N., Momsen, J., Reinagel, A., Le, P., Taqieddin, R., & Long, T. (2014). Introductory Biology Students' Conceptual Models and Explanations of the Origin of Variation. *CBE—Life Sciences Education*, *13*(3), 529–539. https://doi.org/10.1187/cbe.14-02-0020

Stewart et al. (2005). *Read „How Students Learn: Science in the Classroom" at NAP.edu*. https://doi.org/10.17226/11102

Strand, S., & Boes, K. E. (2019). Drawing a Link Between Genetic Inheritance and Meiosis: A Set of Exercises for the Undergraduate Biology Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *20*(2), 60. https://doi.org/10.1128/jmbe.v20i2.1733

Šmarda, J. (2003). *Genetika pro gymnázia*. Fortuna.

Thörne, K., & Gericke, N. (2014). Teaching Genetics in Secondary Classrooms: A Linguistic Analysis of Teachers' Talk About Proteins. *Research in Science Education*, *44*(1), 81–108. https://doi.org/10.1007/s11165-013-9375-9

Todd, A. (2013). The Molecular Genetics Learning Progressions: Revisions and Refinements Based on Empirical Testing in Three 10th Grade Classrooms. *Browse all Theses and Dissertations*. https://corescholar.libraries.wright.edu/etd_all/1161

Todd, A., & Kenyon, L. (2016). Empirical refinements of a molecular genetics learning progression: The molecular constructs: Empirical refinements of the molecular constructs. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(9), 1385–1418. https://doi.org/10.1002/tea.21262

Todd, A., & Romine, W. L. (2016). Validation of the Learning Progression-based Assessment of Modern Genetics in a college context. *International Journal of Science Education*, *38*(10), 1673–1698. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1212425

Todd, A., Romine, W. L., & Cook Whitt, K. (2017). Development and Validation of the Learning Progression–Based Assessment of Modern Genetics in a High School Context. *Science Education*, *101*(1), 32–65. https://doi.org/10.1002/sce.21252

Todd, A., Romine, W., Sadeghi, R., Cook Whitt, K., & Banerjee, T. (2022). How do high school students' genetics progression networks change due to genetics instruction and how do they stabilize years after instruction? *Journal of Research in Science Teaching*, *59*(5), 779–807. https://doi.org/10.1002/tea.21744

Tomášek, V., Basl, J., & Janoušková, S. (2016). *Mezinárodní šetření TIMSS 2015: Národní zpráva*.

Uminski, C., Burbach, S. M., & Couch, B. A. (2024). Undergraduate Biology Lecture Courses Predominantly Test Facts about Science Rather than Scientific Practices. *CBE—Life Sciences Education*, *23*(2), ar19. https://doi.org/10.1187/cbe.23-12-0244

Vágnerová, P., Benediktová, L., & Kout, J. (2019). *Kritická místa ve výuce přírodopisu – jejich identifikace a příčiny*.

Venville, G., & Donovan, J. (2005). Searching for clarity to teach the complexity of the gene concept. *Teaching science*. https://www.semanticscholar.org/paper/Searching-for-clarity-to-teach-the-complexity-of-Venville-Donovan/1830a505c679664b03098764851a255b26003b1d

Venville, G., & Donovan, J. (2007). Developing Year 2 Students' Theory of Biology with Concepts of the Gene and DNA. *International Journal of Science Education*, *29*(9), 1111–1131. https://doi.org/10.1080/09500690600931079

Verhoeff, R. P., Boersma, K. T., & Waarlo, A. J. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. International Journal of Science Education, 30(4), 543-568. *International Journal of Science Education*, *30*. https://doi.org/10.1080/09500690701237780

Vlckova, J., Kubiatko, M., Usak, M., & Usak, M. (2016). Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: preliminary results. *Journal of Baltic Science Education*, *15*(6), Continuous. https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.738

Vojíř, K., & Rusek, M. (2019). Používání učebnic chemie na základních školách v České republice: tvorba a pilotní ověření dotazníku. *Project-based education and other activating strategies in science education*, *16*, 179-192.

Weinburgh, M. (1995). Gender Differences in Student Attitudes Toward Science: A Meta-Analysis of the Literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, *32*, 387–398. https://doi.org/10.1002/tea.3660320407

Williams, M., DeBarger, A. H., Montgomery, B. L., Zhou, X., & Tate, E. (2012). Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. *Science Education*, *96*(1), 78–103. https://doi.org/10.1002/sce.20465

Wood-Robinson, C., Lewis, J., & Leach, J. (2000). Young peoplea's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, *35*(1), 29–36. https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655732

Wubbels, T. (1992). Taking account of student teachers' preconceptions. *Teaching and Teacher Education*, *8*(2), 137–149. https://doi.org/10.1016/0742-051X(92)90004-M

Zande, P., Brekelmans, M., Vermunt, J., & Waarlo, A. J. (2009). Moral reasoning in genetics education. *Journal of Biological Education*, *44*. https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656189

Zhao, F., & Schuchardt, A. (2019). Exploring Students' Descriptions of Mutation from a Cognitive Perspective Suggests How to Modify Instructional Approaches. *CBE—Life Sciences Education*, *18*(3), ar45. https://doi.org/10.1187/cbe.18-11-0225

9. Přílohy

Ve všech verzích testů (1-3) jsou úrovně uspořádány vzestupně na škále správnosti (od úrovně „a" za nejméně bodů k té poslední za nejvíce bodů).

Seznam příloh

Příloha 1 – *Learning Progression-Based Assessment of Modern Genetics* včetně bodování

Příloha 2 – V1_Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

Příloha 3 – V2_Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

Příloha 4 – V3_Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

Příloha 5 – NV_Navržená netestovaná verze testu

Příloha 6 – Demografické otázky k testu

Příloha 1 – Learning Progression-based Assessment of Modern Genetics včetně bodování

1. What is the relationship among DNA, genes, and chromosomes?

- ❍ Genes are separate entities from either DNA or chromosomes. (0)
- ❍ Genes are composed of chromosomes and genes lie within DNA. (1)
- ❍ Chromosomes are composed of DNA but not genes. (2)
- ❍ Chromosomes are composed of genes but not DNA. (2)
- ❍ Genes are composed of DNA and genes lie within chromosomes. (3)

1a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

2. Which best describes the relationship among nucleotides/bases, DNA, and cells?

- ❍ Nucleotides/bases are separate entities from either DNA or cells. (0)
- ❍ Cells make up DNA and DNA is found in nucleotides/bases. (1)
- ❍ Both DNA and nucleotides/bases are found inside cells. (2)
- ❍ DNA is composed of cells and nucleotides/bases are found in DNA. (2)
- ❍ DNA is composed of nucleotides/bases and DNA is found in cells. (3)

2a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

3. What is the relationship among genes, chromosomes, and genomes?

- ❍ Genes are separate entities from either chromosomes or genomes. (0)
- ❍ All your genes make up your genome and your chromosomes lie within your genes. (1)
- ❍ All your genes make up your genome and genes lie within your chromosomes. (2)

❍ All your chromosomes make up your genome and chromosomes lie within your genes. (2)
❍ Genes are found in chromosomes and all your chromosomes make up your genome. (3)

3a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

4. Why is DNA sometimes called the "genetic code"?

❍ DNA is your genes. (1)
❍ DNA codes for instructions for your body. (2)
❍ DNA codes for your cells, tissues, and organs. (3)
❍ DNA codes for biological molecules inside of your cells. (4)
❍ DNA codes for proteins. (5)
❍ DNA sequences code for specific amino acids. (6)

4a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

5. What is the purpose of genes?

❍ Genes tell about your DNA. (1)
❍ Genes code for your body's instructions. (2)
❍ Genes code for the functions of your cells. (3)
❍ Genes code for biological molecules inside of your cells. (4)
❍ Genes code for proteins. (5)
❍ Genes code for specific sequences of amino acids. (6)

5a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)

❍ Very confident (4)

6. Assume that flower petal color is controlled by one gene. How does the gene for red petal color give a flower red petals?

❍ The red petal gene tells about the DNA and the red flower petals. (1)
❍ The gene gives the flower petals instructions to be red. (2)
❍ The gene codes for the red petal tissue. (3)
❍ The gene codes for the red particles in the petal's cells. (4)
❍ The gene codes for red pigment proteins. (5)
❍ The gene gives the sequence of amino acids for a red pigment protein. (6)

6a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

7 What do proteins do?

❍ Proteins do not have functions, your cells do work in your body. (1)
❍ Proteins are nutrients that help your body to grow. (2)
❍ Proteins do important work inside of the cell. (3)
❍ Protein function mainly depends on the overall 3D structure of the protein. (4)
❍ Protein function mainly depends on the amino acids which determine structure. (5)

7a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

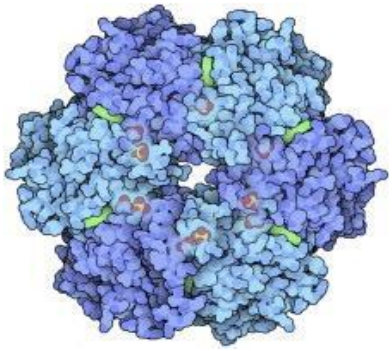
8. Why do different proteins have different functions?

❍ Proteins do not have specific functions, but cells do. (1)
❍ Proteins provide you with many different nutrients and positive health benefits. (2)
❍ Proteins have different functions because they are structured different. (3)

- ❍ Proteins can have different parts or structures that perform different functions. (4)
- ❍ Proteins have different amino acids that can give them different functions. (5)

8a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)



9. What do you think this protein does?

- ❍ The protein does not have a specific function. Cells perform the functions in our body. (1)
- ❍ The protein provides nutrients to the body. The different pieces are different types of nutrients the body needs. (2)
- ❍ The protein's function is related to the hexagon shape of the protein and the hole through the protein. (3)
- ❍ The protein's function could be to allow small molecules to pass through the hole. (4)
- ❍ The amino acids which line the inside of the hole could determine which small molecules could pass through. (5)

9a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

10. What is the relationship between genes and traits expressed in an organism?

- ❍ Genes and traits are not connected in organisms. (0)
- ❍ Genes give instructions for the traits expressed in an organism. (1)
- ❍ Genes tell the cells what to do in organisms. (2)
- ❍ Genes code for proteins in organisms. (3)
- ❍ Genes code for proteins which produce traits expressed in an organism. (4)
- ❍ Genes code for the amino acids in a protein in organisms. (5)
- ❍ Genes give the order of amino acids determining the function of a protein which produces traits. (6)

10a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

11. Sickle cell anemia is caused by a single nucleotide change in the DNA from an A to a T. How does this cause red blood cells to change shape from round to sickle-shaped?

- ❍ The DNA change alters the instructions to give the sickle cell trait in individuals that have sickle cell anemia. (1)
- ❍ The DNA change tells the cells to change shape in individuals that have sickle cell anemia. (2)
- ❍ The DNA change alters a protein and the cell changes shape in sickle cell anemia. (3)
- ❍ The DNA change alters a protein which causes the change in the cell's shape in sickle cell anemia. (4)
- ❍ The DNA change alters the amino acid sequence in the protein to change the cell's shape. (5)
- ❍ The DNA change alters the amino acid sequence and functionality of a protein to change the cell's shape. (6)

11a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

12. Women with BRCA1 mutations are at a much higher risk of breast cancer than women with normal BRCA1 genes. How would the mutation cause the increased risk?

- ❍ The mutation changes the instructions to the breast cells, increasing the risk of breast cancer in women with a BRCA1 mutation. (1)
- ❍ The mutation changes the breast cells so they turn cancerous in women with a BRCA1 mutation. (2)
- ❍ The mutation changes a protein inside the breast cells in women with a BRCA1 mutation. (3)
- ❍ The mutation changes a breast protein, giving women with a BRCA1 mutation an increased risk of cancer. (4)

- ❍ The mutation changes the amino acid sequence in the protein, giving women with a BRCA1 mutation an increased risk of breast cancer. (5)
- ❍ The mutation changes the amino acid sequence and the function of the protein, giving women with a BRCA1 mutation an increased risk of breast cancer. (6)

12a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

13. Your muscle cells, nerve cells, and skin cells are different because each kind of cell:

- ❍ is located in different areas of the body. (1)
- ❍ has different functions. (2)
- ❍ contains different kinds of genes inside the cells. (3)
- ❍ has different proteins inside the cells. (4)
- ❍ has the same DNA but different proteins. (5)
- ❍ activates different genes producing different proteins. (6)

13a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

14. Suppose a single gene specifies skin color in frogs. Which of the following is true of the skin color gene, skin color mRNA, and skin color protein?

- ❍ The skin color gene, mRNA, and protein are found in all cells of the frog's body. (0)
- ❍ The skin color gene, mRNA, and protein are found in all cells of the frog's body but skin color is only found in the skin cells. (1)
- ❍ The skin color gene, mRNA, and protein are only found in skin cells. (4)
- ❍ The skin color gene and mRNA are found in all cells of the frog's body but the protein is only found in skin cells. (5)
- ❍ The skin color gene is found in all cells of the frog's body but the mRNA and protein are only found in skin cells. (6)

14a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

15. Which of the following best describes the cells in your body?

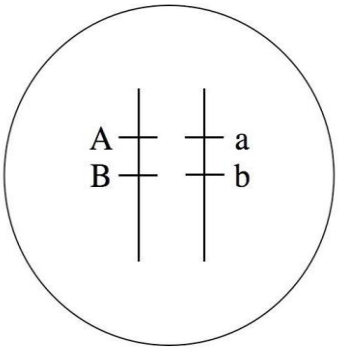
- ❍ Cells are different because they are in different places in your body (like on your skin or in your muscles). (1)
- ❍ Cells are different because they perform different functions in your body. (2)
- ❍ Cells contain different genes and DNA for their different functions in your body. (3)
- ❍ Cells contain different proteins for their different functions in your body. (4)
- ❍ Most cells in your body contain the same DNA but have different proteins. (5)
- ❍ Most cells have the same DNA but express different genes to make proteins. (6)

15a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

16. In the germline cell below, there is one pair of chromosomes that contains two different genes. These genes lie in close proximity to each other on the chromosome and can be considered genetically linked. A and a represent two different alleles (versions or variants) of one gene, and B and b represent two different alleles of another gene. If this cell divides to produce sperm, what are the possible sperm genotypes?

- ❍ A, a, B, b. (1)
- ❍ Aa, Bb. (2)
- ❍ AB, Ab, aB, ab are equally as likely. (3)
- ❍ AB, ab. (4)
- ❍ AB and ab are the most likely. Ab and aB are less likely. (5)



16a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

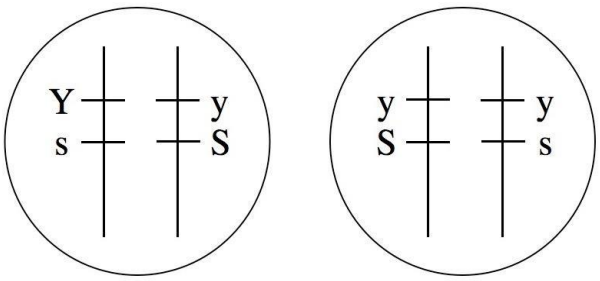
17. Which of the following is/are correct regarding meiosis? You may any, all, or none of the answers.

- ❑ Traits are passed down and offspring inherit their parents' traits. (1)
- ❑ Each parent passes half their genetic information on to offspring. (2)
- ❑ Each sex cell contains one allele of each gene. (3)
- ❑ Chromosomes are randomly assorted and each sex cell contains only one set of chromosomes. (4)
- ❑ Chromosomes can swap sections and recombine, creating new combinations of genes and increasing genetic variation. (5)

17a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

18. In maize (corn), kernel color and smoothness are determined by two different genes. Yellow (Y) is dominant to colorless (y). Smoothness (S) is dominant to wrinkled (s). Suppose the two genes are close enough to each other to be considered genetically linked. A farmer crossed a yellow smooth (YySs) plant with a colorless smooth (yySs) plant. What will the kernels look like in the new plant?



- ❍ 50% will be yellow and smooth, 50% will be colorless and smooth. (1)
- ❍ 25% will be yellow and smooth, 25% yellow and wrinkled, 25% colorless and smooth, and 25% colorless and wrinkled. (2)
- ❍ 3/8 will be yellow and smooth, 1/8 will be yellow and wrinkled, 3/8 will be colorless and smooth, and 1/8 will be colorless and wrinkled. (3)
- ❍ 25% will be yellow and smooth, 25% will be yellow and wrinkled, and 50% will be colorless and smooth. (4)
- ❍ 1/4 will be yellow and smooth, 1/4 will be yellow and wrinkled, and 1/2 will be colorless and smooth. A colorless wrinkled kernel would be rare but not impossible. (5)

18a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

19. Cystic fibrosis (CF) in humans is caused by a mutation in a single gene and is inherited as a recessive trait. Both a mother and a father are unaffected and they have two children. The first child has CF, and the second child is unaffected. How and why did the parents have a child with CF and one without?

- ❍ The parents and children have different versions of the CF trait. The unaffected parents and unaffected child have one version of the CF trait. The child with CF has a different version of the CF trait. (1)
- ❍ The children got a mix of CF traits from the parents. The normal CF trait overpowered the mutant CF trait in the unaffected child. The child with CF got two mutant traits, one from each of the parents. The parents each had both a normal and a mutant CF trait. (2)
- ❍ The parents are both carriers, so the child with CF received one recessive allele from each parent. The unaffected child received at least one normal dominant allele from one of the parents. (3)
- ❍ The mutant CF gene has a small change which affects the protein. The child with CF received two mutant genes to make mutant proteins to give the CF trait. The unaffected child received at least one normal gene to be unaffected. (4)
- ❍ The mutant CF gene has a small change which alters the protein. The unaffected child has at least one normal gene to make functional proteins. The child with CF has two mutant CF genes that both make mutant CF proteins. (5)

19a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

20. Sometimes a trait seems to disappear in a family and then reappear in later generations. If neither parent has the trait, but some children do, what would you conclude about the trait?

- ❍ Members of the family have different versions of the trait. Parents can have one version of a trait while the children can have another version. Sometimes family members like aunts and uncles and grandparents have the same version of the trait as the children and it can skip generations. (1)
- ❍ The children got a mix of traits from the parents. The parents passed down their traits to the children and they mixed to produce the traits seen in the children. The children that have the trait got recessive traits from the parents to produce the trait seen. (2)
- ❍ Both parents are carriers of the recessive form of the gene, meaning they each have one dominant allele and one recessive allele. Children that have the trait received one recessive allele from each parent. Children that do not have the trait received at least one dominant allele from one of the parents. (3)
- ❍ The trait is caused by a gene that has two alleles, each with small differences. Both parents have one of each copy (dominant and recessive) and the children with the trait have two of the recessive copies which make recessive proteins. The children without the trait have at least one dominant copy of the allele. (4)
- ❍ The parents have one dominant and one recessive allele which make both dominant and recessive proteins. Since they have some dominant protein, the recessive trait does not appear. The children with the trait received two recessive copies of the allele which both make recessive proteins for the trait to appear. (5)

20a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

21. A gardener created a pink-flowered plant by crossing a white-flowered plant with a red-flowered plant. How and why was he able to create this new pink colored plant?

- ❍ The flowers all have different versions of the petal color pigment trait. There are red, white, and pink versions of the petal color pigment trait. Plants have one of these versions to give them a petal color. (1)
- ❍ The pink-flowered plant got traits from both the parents. The white-flowered plant gave a white flower trait and the red-flowered plant gave a red flower trait. The pink petal color is a mix of the two traits the plant received. (2)
- ❍ The pink-flowered plant got one gene or allele from each parent. The white-flowered plant gave a white flower allele and the red-flowered plant gave a red flower allele. The pink color comes from incomplete dominance because the plant has red and white alleles. (3)
- ❍ The petal color pigment gene has small changes to make it code for a red or white protein. The white-flowered plant has two white alleles to make white proteins and the red-
- ❍ flowered protein has two red alleles to make red proteins. The pink-flowered plant has one of each from each parent. (4)
- ❍ The pink-flowered plant has red and white pigment alleles, each differing slightly to produce red or white proteins. The pink-flowered plant produces both proteins and the pink color is caused by both proteins being visible. (5)

21a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

22. The image below shows three different organisms: a human boy, a human girl, and a fruit fly. Why do the three organisms look different?

- ❍ The organisms have different traits and functions so they look different. (1)
- ❍ Different organisms have different genetic information to make them look different. (2)

- ❍ Different organisms have different genetic information even within a species so they look different. (3)
- ❍ Organisms of the same species have some similar and some different DNA. (4)
- ❍ Some DNA varies between species and some does not; humans share some genes with flies. (5)
- ❍ Some DNA varies between species and some does not; similar DNA codes for things critical for life. (6)

22a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

23. Which of the following statement(s) is/are true of organisms? You may choose any, all, or none of the answers.

- ❑ Organisms have some different traits and functions. (1)
- ❑ Organisms have some different genetic information. (2)
- ❑ Organisms within a species have some different genetic information. (3)
- ❑ Organisms of the same species have some similar and some different genetic information. (4)
- ❑ Organisms of different species have some similar and some different genetic information. (5)
- ❑ Shared DNA codes for things critical for life; the more similar, the more critical the gene product. (6)

23a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

24. Which of the following is/are correct regarding the genetic differences between and within species? You may choose any, all, or none of the answers.

- ❑ The differences between and within species are only differences in traits and functions of organisms. (1)
- ❑ There is some different genetic information in organisms of different species. (2)

- ❑ Organisms within a species have some different genetic information. (3)
- ❑ Organisms within a species have some similar genetic information. (4)
- ❑ There is some similar genetic information in organisms of different species. (5)
- ❑ The more similar the genetic information, the more critical the gene product. (6)

24a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

25. Which of the following is/are correct regarding changes in DNA? You may choose any, all, or none of the answers.

- ❑ Changes in DNA lead to decreased genetic variation of species. (1)
- ❑ Changes in DNA make organisms within a species look different because they have different DNA. (2)
- ❑ Changes in DNA could be beneficial or harmful to an organism's reproductive success. (3)
- ❑ DNA changes can impact protein structure and function. These changes could be beneficial, harmful, or neutral to an organism's reproductive success. (4)
- ❑ DNA changes lead to increased genetic variation and lead to evolution of a species over time. (5)

25a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

26. A group of adult black mice is relocated from an area of black rocks to an area of white sand. The mice start reproducing and one of the new baby mice born has white fur. Which of the following statement(s) about the white mouse is/are correct? You may choose any, all, or none of the answers.

- ❑ The fur color change is caused by increased genetic variation in the mice but can not lead to evolution of the mice over time. (1)
- ❑ The white mouse looks different because it is a genetically different organism. (2)

- ❑ The fur color change could be beneficial or harmful to the mouse's reproductive success depending on habitat. (3)
- ❑ The genetic mutation changed a protein structure or function and could be beneficial, harmful, or neutral to the mouse's reproductive success. (4)
- ❑ The fur color change is caused by increased genetic variation in the mice and leads to evolution of the mice over time. (5)

26a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

27. Mutations in DNA occur in the genomes of organisms, including humans. What is the most important characteristic of these mutations?

- ❍ The mutations make different species look and function different. Species have specialized habitats and functions and mutations may change that. (1)
- ❍ The mutations make organisms within a species look and function different. A mutation may change an individual within a species. (2)
- ❍ The mutations produce changes that could be beneficial or harmful to an organism's reproductive success. (3)
- ❍ The mutations may make changes to the structure or function of proteins which could be beneficial, harmful, or neutral to an organism's reproductive success. (4)
- ❍ Mutations may be beneficial, harmful, or neutral but provide genetic variation and may lead to evolution of a species over time. (5)

27a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

28. What affect, if any, does the environment have on an individual?

- ❍ The environment has no affect on any level of an organism. The environment can not affect us. (1)
- ❍ The environment can affect our traits and functions but not cells, proteins, or genes. (2)

- ❍ The environment can affect our cells, organs, or tissues. (3)
- ❍ The environment can mutate things inside of cells like DNA or genes or proteins. (4)
- ❍ The environment can change the type and amount of proteins which influence cell function. (5)
- ❍ The environment can mutate genes which change the expression of proteins or proteins themselves. (6)

28a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

29. How do scientists describe genetic and environmental effects on complex traits such as IQ and certain cancers?

- ❍ The environment has no affect in determining traits; traits are determined only by your genes. (1)
- ❍ The environment plays a major role in determining traits since humans are 99.9% genetically identical to one another. (2)
- ❍ The environment can influence cell, organ, or tissue function but can not change genes. (3)
- ❍ The environment can change our genetic makeup which influences traits. (4)
- ❍ The environment can change the types and amounts of proteins which influence cell function and traits. (5)
- ❍ The environment can mutate genes which change the structure or expression of proteins to influence cells and traits. (6)

29a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

30. Frank and Fred are 60 year old identical twins. Frank has never smoked and Fred has smoked since he was 20. When they were younger, people could not tell them apart. But now, Fred has a lot of wrinkles, grey hair, a cough, and has developed lung cancer. Frank has fewer wrinkles, grey hair, no cough, and no lung cancer. Which of the following is the most likely explanation for how and why Fred developed lung cancer and his twin did not?

- ❍ Smoking had nothing to do with Fred's lung cancer; genetics caused his cancer. (1)
- ❍ Smoking caused Fred's lung cancer, wrinkles, and cough because his brother does not have these symptoms. (2)
- ❍ Smoking damaged his lung cells and the build up of tar caused some of his lung cells to turn cancerous. (3)
- ❍ Smoking caused Fred's cancer by damaging and changing his DNA and genes. (4)
- ❍ Smoking damaged the type and amount of certain proteins in his lung cells to cause the cancer. (5)
- ❍ Smoking mutated genes which changed the expression of proteins or the proteins themselves to cause the cancer. (6)

30a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

31. A young man develops skin cancer that does not spread to any other tissues. The doctor said the mutation responsible for the cancer spontaneously arose in a single skin cell. If he and his wife (who does not have skin cancer) have children after the skin cancer diagnosis, which of the following statements is most likely to be true?

- ❍ The skin cancer will be passed on to offspring. (1)
- ❍ The mutation will be passed on to offspring and to the man's descendant skin cells. (2)
- ❍ The mutation will not be passed on to offspring. (3)
- ❍ The mutation will not be passed on to offspring but will be passed on to the man's descendent skin cells. (4)

31a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)

❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

32. An individual has a breast biopsy and is found to have been born with a mutation in a gene associated with breast cancer. Can this mutation be passed on to offspring?

❍ The mutation cannot be passed on to offspring. (0)
❍ Since it is a trait that was found by biopsy, it can be passed on to offspring. (1)
❍ Since it is a mutation, it can be passed on to offspring. (2)
❍ Since it is a mutation that is found in the gametes, it can be passed on to offspring. (3)
❍ Since it is a mutation in all cells, it can be passed on to offspring and the person's descendent cells. (4)

32a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

33. Matthew's dog Shadow has a lump on his skin. When Matthew takes him to the vet, the vet says it is cancer. The vet tells Matthew that the cancer started out as a spontaneous mutation in a single cell and the cancer has not spread. If Shadow and a female dog have puppies, would the puppies inherit skin cancer?

❍ Cancer can be inherited, so it could be passed on to the puppies. (1)
❍ The DNA mutation could be passed on to descendent skin cells in Shadow's body and also on to the puppies. (2)
❍ The mutation cannot be passed on to puppies so they will not inherit the cancer. (3)
❍ The DNA mutation could be passed on to descendent skin cells in Shadow's body but not on to the puppies. (4)

33a. How confident are you in your answer?

❍ Guessing (1)
❍ Uncertain (2)
❍ Certain (3)
❍ Very confident (4)

34. How is the expression of genes regulated or controlled?

- ❍ Gene expression is not regulated or controlled. (1)
- ❍ Genes are turned on during development and stay on throughout one's life. (2)
- ❍ Genes are turned on and off during development. (3)
- ❍ Genes are turned on and off at appropriate times during one's life. (4)

34a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

35. At what times during an individual's life can gene expression change (i.e. genes turning on or off)?

- ❍ Gene expression does not change throughout an individual's life. (1)
- ❍ Genes turn on at conception and remain on for your entire life. (2)
- ❍ Gene expression may change only during key stages of life such as development, puberty, and menopause. (3)
- ❍ Gene expression may change at any point after conception throughout an individual's entire life. (4)

35a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

36. Scientists engineered genetically identical twin mice. The cages, food, water, and all other items the mice received were the same. However, the scientists noticed that over time the two mice started to look a little different from each other. Which of the following best explains why the mice started to look a little different?

- ❍ The mice are genetically identical, so they cannot look different due to genetics. Any differences are due to external factors like which side of the room the cages are kept on or which mouse got fed first. (1)

- ❍ The genetically identical mice have the same DNA but different genes in the mice could be turned on. The different genes turned on could make the mice look differently. (2)
- ❍ The genetically identical mice have the same DNA but genes could be turned on or off during development that make them look differently. (3)
- ❍ The genetically identical mice have the same DNA but different genes are turned off and on throughout their lives to make them look differently. (4)

36a. How confident are you in your answer?

- ❍ Guessing (1)
- ❍ Uncertain (2)
- ❍ Certain (3)
- ❍ Very confident (4)

Příloha 2 – V1_Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

1. Jaký je vztah mezi DNA, geny a chromozomy?

a) Geny jsou oddělené od DNA a chromozomů.

b) Geny se skládají z chromozomů a geny se nachází v DNA.

c) Chromozomy se skládají z DNA, ale nikoliv z genů.

d) Chromozomy se skládají z genů, ale nikoliv z DNA.

e) Geny se skládají z DNA a geny se nachází na chromozomech.

1a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

2. Co nejlépe vystihuje vztah mezi nukleotidy/bázemi, DNA a buňkami?

a) Nukleotidy/báze jsou oddělené od DNA a buněk.

b) DNA je tvořena buňkami a DNA se nachází v nukleotidech/bázích.

c) Jak DNA, tak nukleotidy/báze se nachází v buňkách.

d) DNA se skládá z buněk a nukleotidy/báze se nachází v DNA.

e) DNA je tvořena nukleotidy/bázemi a DNA se nachází v buňkách.

2a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

3. Jaký je vztah mezi geny, chromozomy a genomy?

a) Geny jsou oddělené od chromozomů a genomů.

b) Všechny vaše geny tvoří váš genom a vaše chromozomy leží ve vašich genech.

c) Všechny vaše geny tvoří váš genom a geny leží na chromozomech.

d) Všechny vaše chromozomy tvoří váš genom a chromozomy leží ve vašich genech.

e) Geny se nachází na chromozomech a všechny vaše chromozomy tvoří váš genom.

3a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

4. Proč je DNA někdy označována jako „genetický kód“?

a) DNA je Vašimi geny.

b) DNA kóduje instrukce pro vaše tělo.

c) DNA kóduje vaše buňky, tkáně a orgány.

d) DNA kóduje věci uvnitř vašich buněk.

e) DNA kóduje proteiny.

f) Sekvence DNA kódují konkrétní aminokyseliny.

4a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

5. Jaký je účel genů?

a) Geny něco říkají o vaší DNA.

b) Geny kódují instrukce pro vaše tělo.

c) Geny kódují funkce vašich buněk.

d) Geny kódují věci uvnitř vašich buněk.

e) Geny kódují proteiny.

f) Geny kódují konkrétní sekvence aminokyselin.

5a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

6. Jak gen pro hnědé oči propůjčí člověku hnědou barvu očí?

a) Gen pro hnědé oči vypovídá o vaší DNA.

b) Gen dá vašim očím instrukce, aby byly hnědé.

c) Gen kóduje tkáň hnědého oka.

d) Gen kóduje hnědé částečky v buňkách oka.

e) Gen kóduje proteiny hnědého barviva.

f) Gen poskytne sekvenci aminokyselin pro hnědý pigment.

6a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

7. Co dělají proteiny?

a) Proteiny nemají funkce, ve vašem těle pracují vaše buňky.

b) Proteiny jsou živinami a napomáhají tak vašemu tělu, aby rostlo.

c) Proteiny se podílejí na významných činnostech v buňce.

d) Funkce proteinu záleží na jeho celkové 3D (prostorové) struktuře.

e) Funkce proteinu záleží na jeho struktuře určenou aminokyselinami.

7a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

8. Proč mají různé proteiny různé funkce?

a) Proteiny, na rozdíl od buněk, nemají specifické funkce.

b) Proteiny vám dodají mnoho různých živin a jsou zdraví prospěšné.

c) Proteiny mají různé funkce, jelikož mají rozdílnou strukturu.

d) Proteiny mohou obsahovat různé úseky či mít různou strukturu, proto mají různé funkce.

e) Rozdílné sekvence aminokyselin v proteinech způsobují různé struktury a funkce proteinů.

8a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

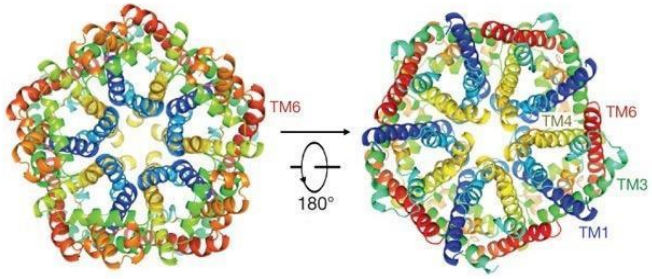
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

9. Co si myslíte, že dělá zobrazený protein?



a) Tento protein nemá specifickou funkci. Funkce v našem těle vykonávají buňky.

b) Tento protein dodává našemu tělu živiny. Různé díly jsou různými typy živin, které naše tělo potřebuje.

c) Funkce proteinu se týká jeho pětiúhelníkového tvaru a otvoru v jeho struktuře.

d) Množství malých molekul může procházet otvorem v proteinu.

e) Aminokyseliny uvnitř otvoru v proteinu mohou určit, které malé molekuly mohou projít skrz otvor.

9a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

10. Jaký je vztah mezi geny a vyjádřenými znaky v daném organismu?

a) Geny a znaky spolu nesouvisí.

b) Geny poskytují instrukce pro vytvoření konkrétních znaků.

c) Geny „říkají“ buňkám, co mají dělat.

d) Geny kódují proteiny.

e) Geny kódují proteiny, které vytváří znaky.

f) Geny kódují aminokyseliny v proteinu.

g) Geny určují pořadí aminokyselin, ty určí funkci daného proteinu, který vytvoří znaky.

10a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

11. Srpkovitá anémie je způsobena jednoduchou změnou písmena A za T v DNA. Jak tato změna písmena způsobí změnu tvaru červené krvinky z kruhového na srpkovitý?

a) Změna v DNA modifikuje instrukce tak, aby červená krvinka měla tvar srpku.

b) Změna v DNA „řekne“ buňkám, aby změnily tvar.

c) Změna v DNA pozmění protein a buňka změní tvar.

d) Změna v DNA pozmění protein, který způsobí změnu tvaru buňky.

e) Změna v DNA pozmění aminokyselinu v proteinu, čímž se změní tvar buňky.

f) Změna v DNA pozmění aminokyselinu a funkčnost proteinu, čímž se změní tvar buňky.

11a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

12. Ženy s BRCA1 mutacemi (jako třeba Angelina Jolie či Anna K.) mají větší riziko vzniku rakoviny prsu než ženy s normálními geny BRCA1. Jak může daná mutace způsobit toto zvýšené riziko?

a) Mutace změní instrukce pro buňky v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

b) Mutace změní buňky v prsu tak, že se stanou rakovinnými.

c) Mutace změní protein uvnitř buněk v prsu.

d) Mutace změní protein v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

e) Mutace změní aminokyseliny v proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

f) Mutace způsobí změny v aminokyselinách a funkci proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

12a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

13. Vaše svalové, nervové a kožní buňky jsou rozdílné, protože každý buněčný typ:

a) se nachází v jiné části těla.

b) má různé funkce.

c) obsahuje různé typy genů.

d) má různé proteiny.

e) má stejnou DNA, ale různé proteiny.

f) aktivuje různé geny, které produkují různé proteiny.

13a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

14. Předpokládejte gen charakterizující barvu očí u člověka. Co je pravda o genu pro barvu očí, mRNA pro barvu očí a proteinu pro barvu očí?

a) Gen, mRNA a protein pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla.

b) Gen, mRNA a protein pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla, nicméně barva očí se nachází pouze v buňkách oka.

c) Gen, mRNA a protein pro barvu očí se nachází pouze v buňkách oka.

d) Gen a mRNA pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla, ale protein se nachází jen v buňkách oka.

e) Gen pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla, ale mRNA a protein se nachází pouze v buňkách oka.

14a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

15. Které z následujících tvrzení nejlépe popisuje, jak je regulována a kontrolována exprese genů?

a) Exprese genů není regulována, ani kontrolována.

b) Specifické geny jsou aktivované v určitých částech našeho těla.

c) Geny v buňkách jsou aktivovány pro vykonávání buněčných funkcí.

d) Konkrétní geny uvnitř buněk jim „říkají“, aby se různě specializovaly.

e) Jen určité geny, které jsou v každé buňce, tvoří potřebné proteiny.

f) Všechny buňky (až na výjimky) mají stejné geny, ale různé proteiny.

g) Buňky aktivují vybrané geny, aby produkovaly různé proteiny.

15a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

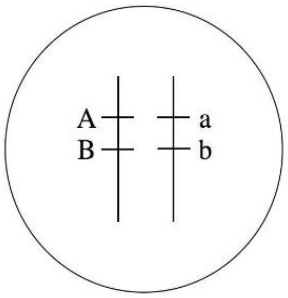
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

16. V zárodečné buňce níže na schématu je pár chromozomů, který obsahuje dva různé geny. Tyto geny leží na chromozomu v těsné blízkosti. „A“ společně s „a“ reprezentují dvě různé alely (verze či varianty) jednoho genu, „B“ a „b“ reprezentují dvě rozdílné alely jiného genu. Pokud se tato buňka dělí, aby mohla dát vzniknout spermii, které jsou možné genotypy spermie?



a) Jen A, a, B, b.

b) Jen Aa, Bb.

c) AB, Ab, aB, ab jsou stejně pravděpodobné.

d) Jen AB, ab.

e) AB a ab jsou nejvíce pravděpodobné. Ab a aB jsou nepravděpodobné, ale nikoliv nemožné.

16a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

17. Které/á z následujících tvrzení je/jsou <u>nesprávné/á</u> v kontextu meiózy?

a) Každý rodič předá potomkům polovinu své genetické informace.

b) Každá pohlavní buňka obsahuje jednu alelu každého genu.

c) Chromozomy jsou náhodně roztříděny a každá pohlavní buňka obsahuje jednu sadu chromozomů.

d) Chromozomy si mohou vyměnit úseky a rekombinovat se, čímž se vytvoří nové kombinace genů a zvýší se genetická variabilita.

e) Znaky jsou předány a potomci tak zdědí znaky rodičů.

17a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

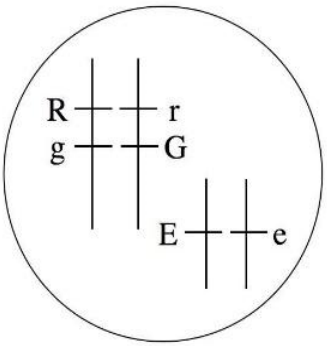
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

18. Předpokládejte tři geny na dvou různých chromozomech: gen R, gen G a gen E. Gen R a G jsou na chromozomu blízko sebe. Jedinec má genotyp RrGgEe. Jaké jsou možné genotypy pohlavních buněk?



a) Jen R, r, G, g, E a e.

b) Jen Rr, Gg, Ee.

c) RGE, RGe, RgE, Rge, rGE, rGe, rgE, rge jsou stejně pravděpodobné.

d) Jen RgE, Rge, rGE, rGe.

e) RgE, Rge, rGE, rGe jsou nejpravděpodobnější. RGE, RGe, rgE, rge jsou nepravděpodobné, ale nikoliv nemožné.

18a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

19. Cystická fibróza (CF) je u lidí způsobena mutací v jednom genu a je děděna jako recesivní znak. Zdravý pár má dvě děti. První má CF, druhé není postiženo. Jak a proč je možné, že rodiče mají jedno dítě s CF a druhé bez?

a) Rodiče a děti mají rozdílné verze znaku pro CF.

b) Děti mají mix znaků CF od rodičů. Normální CF gen přebije u zdravého dítěte mutovaný CF gen. Dítě s CF má dva mutované geny.

c) Rodiče jsou oba přenašeči, dítě s CF obdrží jednu recesivní alelu od každého rodiče. Zdravé dítě obdrží nejméně jednu normální dominantní alelu od jednoho z rodičů.

d) Normální a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Dítě s CF má mutované proteiny, čímž se rozvíjí znaky CF.

e) Normální a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Zdravé dítě má nejméně jeden normální gen, čímž vznikají funkční proteiny, zatímco dítě s CF má dva mutované CF geny, které oba vytváří mutované proteiny CF.

19a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

20. Někdy se zdá, že znak v rodině vymizí, a následně se objeví v pozdějších generacích. Pokud ani jeden z rodičů nemá daný znak, ale někteří jejich potomci ho mají, co soudíte o tomto znaku?

a) Členové rodiny mají různé varianty znaku.

b) Děti mají mix znaků zděděných od rodičů.

c) Oba rodiče jsou přenašeči recesivní alely genu. Děti, u kterých se znak projevil, obdržely jednu recesivní alelu od každého z rodičů.

d) Znak je kódován genem, který má dvě alely lišící se malými změnami. Oba rodiče mají kopii každé z nich a děti se znakem mají dvě recesivní kopie, podle kterých se tvoří proteiny recesivní alely.

e) Děti obdržely dvě recesivní kopie alely, což způsobí projev všech proteinů recesivní alely pro daný znak. Rodiče mají jednu dominantní a jednu recesivní alelu, které dají vzniknout proteinům dominantní i recesivní alely. Protože mají nějaký protein dominantní alely, znak se neobjeví.

20a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

21. Zahradník vypěstoval rostlinu s růžovými květy tak, že křížil rostliny s bílými a červenými květy. Jak a proč byl schopen vypěstovat novou rostlinu s růžovými květy?

a) Všechny rostliny mají rozdílné varianty znaku pro barvu okvětních lístků.

b) Rostlina s růžovými květy obdržela znaky od obou rodičovských rostlin. Růžová barva je směsí rostlin s červenými a bílými květy.

c) Rostlina s růžovými květy obdržela po jednom genu od obou rodičovských rostlin. Růžová barva je způsobena neúplnou dominancí.

d) Gen pro barvu okvětních lístků může díky malým změnám kódovat červený nebo bílý protein. Rostlina s růžovými květy má jeden od každé rodičovské rostliny.

e) Rostlina s růžovými květy má alelu pro červené a alelu pro bílé barvivo, které se trochu liší, aby produkovaly bílé a červené proteiny. Rostlina s růžovými květy tvoří oba proteiny, růžová barva je způsobena tím, že jdou oba proteiny vidět.

21a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

22. Na obrázku jsou znázorněny tři různé organismy: chlapec, dívka a octomilka. Proč tyto tři organismy vypadají jinak?

a) Organismy mají různé znaky a funkce.

b) Různé organismy mají různou genetickou informaci.

c) Různé organismy mají různou genetickou informaci dokonce i mezi příslušníky jednoho druhu.

d) Organismy stejného druhu mají podobnou, ale i trochu jinou DNA.

e) Některé části DNA se liší mezi druhy, některé ale ne. Lidé sdílí některé geny s mouchami.

f) Některé části DNA se liší mezi druhy, některé ale ne, konzervovanější (podobnější) části DNA kódují životně důležité věci.

22a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

23. Molekulárně genetické inženýrství je možné:

a) jen mezi druhy s podobnými znaky, např. rostliny s dalšími rostlinami.

b) jen mezi jedinci stejného druhu, protože mají stejnou genetickou informaci.

c) protože všechny živé organismy mají mírně rozdílnou genetickou informaci.

d) protože jedinci stejného druhu mají některé úseky genetické informace stejné, jiné různé.

e) protože jedinci různých druhů mají některé úseky genetické informace stejné, jiné různé.

f) protože sdílená DNA kóduje pro život nezbytné věci, čím je konzervovanější (podobnější), tím je důležitější produkt genů.

23a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

24. Které/á z následujících tvrzení je/jsou <u>nesprávné/á</u> v souvislosti s genetickou variabilitou mezi druhy a v rámci nich?

a) Jednotlivci různých druhů se nějak liší v genetické informaci.

b) Organismy v rámci druhu mají do určité míry rozdílnou genetickou informaci.

c) Organismy v rámci druhu mají do určité míry stejnou genetickou informaci.

d) Některá genetická informace je stejná i mezi organismy různých druhů.

e) Sdílená DNA kóduje pro život nezbytné věci, čím je konzervovanější (podobnější), tím je důležitější produkt genů.

f) Rozdíly mezi druhy, ale i v rámci jednoho druhu, jsou pouze rozdílem ve znacích a funkcích organismů.

24a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

25. Které/á z následujících tvrzení je/jsou <u>nesprávné/á</u> v souvislosti se změnami v DNA?

a) Změny v DNA dělají organismy v rámci druhu vzhledově odlišnými, protože mají rozdílnou DNA.

b) Změny v DNA mohou být pro organismus prospěšné, nebo škodlivé.

c) Změny v DNA mohou ovlivnit strukturu a funkci proteinu. Tyto změny mohou být prospěšné, škodlivé, nebo neutrální.

d) Změny v DNA vedou ke zvýšené genetické variabilitě a k evoluci druhů v čase.

e) Změny v DNA vedou ke snížení genetické variability druhů.

25a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

26. Skupina dospělých černých myší je přemístěna z oblasti s černými skalami do místa, kde je bílý písek. Myši se rozmnožují a jedna z narozených myší měla bílou srst. Které/á z následujících tvrzení/ch o bílé myši je/jsou nepravdivé/á?

a) Bílá myš vypadá jinak než ostatní, protože jde o geneticky odlišný organismus.

b) Změna barvy srsti může být pro myš prospěšná, či škodlivá v závislosti na prostředí, kde žije.

c) Genetická mutace změnila strukturu proteinu nebo jeho funkci a může být pro myš prospěšná, škodlivá, nebo neutrální.

d) Změna barvy srsti zvýší genetickou variabilitu myší a vede k evoluci myší v čase.

e) Změna barvy srsti zvýší genetickou variabilitu myší, ale nemůže vést k evoluci myší v čase.

26a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

27. Mutace v DNA nastávají v genomech většiny organismů, včetně člověka. Jaká je nejdůležitější charakteristika těchto mutací?

a) Různé druhy díky nim vypadají a fungují odlišně.

b) Organismy v rámci jednoho druhu díky nim vypadají a fungují odlišně.

c) Vytváří změny, které mohou být pro organismus prospěšné, nebo škodlivé.

d) Vytváří změny ve struktuře a funkci proteinů, které mohou být pro organismus prospěšné, škodlivé, nebo neutrální.

e) Zajišťují genetickou variabilitu a vedou k evoluci druhů v čase.

27a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

28. Jaký efekt, pokud nějaký, má prostředí na jedince?

a) Prostředí nemá na žádnou úroveň organismu vliv.

b) Prostředí může pouze působit na naše znaky.

c) Prostředí může působit na naše buňky, orgány či tkáně.

d) Prostředí může způsobit mutaci struktur uvnitř buněk (jako je DNA, geny nebo proteiny).

e) Prostředí může změnit typ a množství proteinů, které následně ovlivní funkci buňky.

f) Prostředí může způsobit mutaci v genech, což změní expresi proteinů či proteiny samotné.

28a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

29. Jak vědci vysvětlují genetické a environmentální vlivy na komplexní znaky jako IQ a určité typy rakoviny?

a) Prostředí nemá žádný vliv na tvorbu znaků, ty jsou totiž určeny pouze geny.

b) Prostředí hraje hlavní roli v určování znaků, poněvadž lidé jsou po genetické stránce z 99,9% stejní.

c) Prostředí může ovlivnit funkci buňky, orgánu nebo tkáně, ale nemůže změnit geny.

d) Prostředí může změnit uspořádání genetické informace, čímž se ovlivní znaky.

e) Prostředí může změnit typ a počet proteinů, které poté ovlivní funkci buňky a znaky.

f) Prostředí může způsobit mutaci genů, které mohou změnit strukturu nebo expresi proteinů, což ovlivní buňku a znaky.

29a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

30. Frank a Fred jsou šedesáti letá jednovaječná dvojčata. Frank nikdy nekouřil a Fred kouří od dvaceti let. Když byli mladší, lidé je od sebe nemohli rozeznat. Ovšem teď má Fred hodně vrásek, šedivé vlasy, kašel a rakovinu plic. Frank má méně vrásek a šedivých vlasů, nemá kašel ani rakovinu plic. Které z následujících tvrzení nejlépe vysvětluje, jak a proč se u Freda objevila rakovina plic, ale u jeho dvojčete ne?

a) Kouření nemá žádnou souvislost s Fredovou rakovinou plic, příčina je genetická.

b) Kouření způsobilo Fredovu rakovinu plic, vrásky a kašel, protože jeho bratr tyto příznaky nemá.

c) Kouření poničilo buňky v jeho plicích a nashromážděný dehet způsobil přeměnu některých jeho plicních buněk na rakovinné.

d) Kouření změnilo Fredovu DNA a geny, které způsobily rakovinu.

e) Kouření zničilo určitý typ a počet proteinů v jeho plicních buňkách, což způsobilo rakovinu.

f) Kouření způsobilo mutaci genů, která změnila expresi proteinů nebo samotné proteiny, což způsobilo rakovinu.

30a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

31. U mladého muže se objevila rakovina kůže, která se nešíří do ostatních tkání, mutace odpovědná za rakovinu vznikla v jediné kožní buňce. Pokud by s manželkou (která nemá rakovinu kůže) měl děti poté, co mu byla rakovina diagnostikována, která z následujících situací je nejpravděpodobnější?

a) Rakovina kůže bude předána na potomky.

b) Mutace bude předána na potomky a na další dceřiné buňky kožních buněk muže.

c) Mutace nebude předána na potomky.

d) Mutace nebude předána na potomky, ale bude předána na další dceřiné buňky kůže muže.

31a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

32. U jedince po biopsii prsu byla nalezena mutace v genu, který je spojen se vznikem rakoviny prsu. Může být tato mutace předána potomkům?

a) Protože jde o znak, který byl nalezen při biopsii, může být předán na potomky.

b) Protože jde o mutaci, může být předána na potomky.

c) Protože jde o mutaci, která se nachází v gametách, může být předána na potomky.

d) Protože jde o mutaci, která se nachází ve všech buňkách, může být předána na potomky i dceřiné buňky jedince.

32a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

33. Martinův pes Puňta má bouli na kůži. Když ho Martin vzal k veterináři, dozvěděl se, že má jeho pes rakovinu. Veterinář mu řekl, že rakovina vznikla mutací v jedné buňce a dále se nešířila. Pokud by měl Puňta s fenou štěňata, zdědila by štěňata rakovinu kůže?

a) Rakovina se může dědit, takže může být předána štěňatům.

b) Mutace v DNA může být předána dceřiným buňkám kůže Puňti, a také na štěňata.

c) Mutace nemůže být předána štěňatům, takže rakovinu nezdědí.

d) Mutace v DNA může být předána dceřiným buňkám kůže Puňti, ale nikoliv na štěňata.

33a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

34. Jak je exprese genů regulována a kontrolována?

a) Genová exprese není regulována ani kontrolována.

b) Geny jsou zapnuty během vývoje a zůstávají zapnuté po celý život jedince.

c) Geny jsou zapínány a vypínány během vývoje.

d) Geny jsou zapínány a vypínány v určitých stádiích života jedince.

34a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

35. Ve kterém období během života jedince se změní exprese genů?

a) Genová exprese se během života jedince nemění.

b) Změny v genové expresi začínají při početí a končí poté, co jedinec dokončí svůj vývoj.

c) Genová exprese se mění pouze v klíčových stádiích života, jako jsou vývoj, puberta a menopauza.

d) Změny v genové expresi začínají při početí a trvají po celý život jedince.

35a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

36. Proč někdy jednovaječná dvojčata vypadají různě?

a) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, proto z genetických příčin nemohou vypadat různě. Případné rozdíly ve vzhledu jsou způsobeny vnějšími vlivy, jako líčení, dieta či kouření.

b) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, ale u každého z nich mohou být zapnuty různé geny.

c) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, ale u každého z nich mohou být geny zapnuty nebo vypnuty během vývoje či puberty, čímž je způsoben rozdílný vzhled dvojčat.

d) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, ale u každého z nich mohou být zapnuty nebo vypnuty různé geny v průběhu života, čímž je způsoben rozdílný vzhled dvojčat.

36a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

Příloha 3 – V2_Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

1. Jaký je vztah mezi DNA, geny a chromozomy?

a) Geny nemají nic společného s DNA ani chromozomy.

b) Geny se skládají z chromozomů a nacházejí se v DNA.

c) Chromozomy se skládají z DNA, ale nikoliv z genů.

d) Chromozomy se skládají z genů, ale nikoliv z DNA.

e) Geny se skládají z DNA a nacházejí se na chromozomech.

1a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

2. Co nejlépe popisuje vztah mezi nukleotidy/bázemi, DNA a buňkami?

a) Nukleotidy/báze nemají nic společného s DNA ani buňkami.

b) DNA je tvořena buňkami a DNA se nachází v nukleotidech/bázích.

c) Jak DNA, tak nukleotidy/báze se nachází v buňkách.

d) DNA se skládá z buněk a nukleotidy/báze se nachází v DNA.

e) DNA je tvořena nukleotidy/bázemi a nachází se v buňkách.

2a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

3. Jaký je vztah mezi geny, chromozomy a genomy?

a) Geny nemají nic společného s chromozomy ani genomy.

b) Všechny naše geny tvoří náš genom a naše chromozomy se nacházejí v našich genech.

c) Všechny naše geny tvoří náš genom a geny se nacházejí na chromozomech.

d) Všechny naše chromozomy tvoří náš genom a chromozomy se nacházejí v našich genech.

e) Geny se nachází na chromozomech a všechny naše chromozomy tvoří náš genom.

3a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

4. Proč je DNA někdy označována jako „genetická informace“?

a) DNA nese naše geny.

b) DNA kóduje instrukce (návod) pro naše tělo.

c) DNA kóduje naše buňky, tkáně a orgány.

e) DNA kóduje věci uvnitř našich buněk.

f) DNA kóduje proteiny.

g) Sekvence DNA kódují konkrétní aminokyseliny.

4a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

5. Jaký je účel genů?

a) Geny vypovídají o naší DNA.

b) Geny kódují instrukce pro naše tělo.

c) Geny kódují instrukce pro funkce našich buněk.

d) Geny kódují části našich buněk.

e) Geny kódují proteiny.

f) Geny kódují konkrétní sekvence aminokyselin.

5a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

6. Jak gen pro hnědou barvu očí způsobí, že člověk má tuto barvu očí?

a) Gen pro hnědou barvu očí vypovídá o naší DNA.

b) Gen poskytne očím instrukce, aby byly hnědé.

c) Gen kóduje tkáň hnědého oka.

d) Gen kóduje hnědé částečky v buňkách oka.

e) Gen kóduje proteiny hnědého barviva.

6a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

7. Jaká je (popř. na čem záleží) funkce proteinů?

a) Proteiny nemají funkce, v našem těle pracují naše buňky.

b) Proteiny jsou živinami a napomáhají tak našemu tělu růst.

c) Proteiny se podílejí na významných činnostech v buňce.

d) Funkce proteinu záleží na jeho celkové 3D (prostorové) struktuře.

e) Funkce proteinu záleží na jeho struktuře určené aminokyselinami.

7a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

8. Proč mají různé proteiny v těle různé funkce?

a) Proteiny, na rozdíl od buněk, nemají specifické funkce.

b) Proteiny vám dodají mnoho různých živin a jsou zdraví prospěšné.

c) Proteiny mají různé funkce, jelikož mají rozdílnou strukturu.

d) Proteiny mohou mít různé části nebo struktury, které provádějí různé funkce.

e) Rozdílné sekvence aminokyselin v proteinech způsobují, že mají různou strukturu a funkci.

8a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

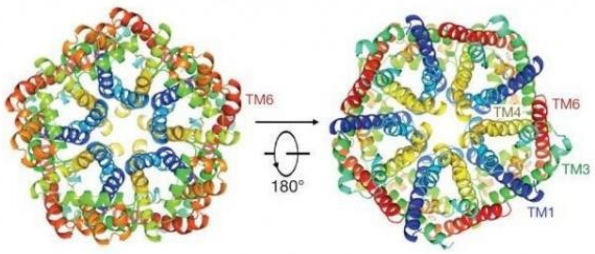
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

9. Které tvrzení nejlépe popisuje funkci zobrazeného proteinu?



a) Tento protein nemá specifickou funkci. Funkce v našem těle vykonávají buňky.

b) Tento protein dodává našemu tělu živiny. Různé části proteinu jsou různými typy živin, které naše tělo potřebuje.

c) Jeho funkci určuje jeho pětiúhelníkový tvar a otvor v jeho struktuře.

d) Množství malých molekul může procházet otvorem v proteinu.

e) Aminokyseliny uvnitř otvoru v proteinu mohou určit, které malé molekuly mohou projít skrz otvor.

9a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

10. Jaký je vztah mezi geny a znaky vyjádřenými v daném organismu?

a) Geny a znaky spolu nesouvisí.

b) Geny poskytují instrukce pro vytvoření konkrétních znaků.

c) Geny poskytují informace buňkám o tom, co mají dělat.

d) Geny kódují proteiny.

e) Geny kódují proteiny, které vytváří znaky.

f) Geny kódují aminokyseliny v proteinu.

g) Geny určují pořadí aminokyselin, ty určí funkci daného proteinu, který vytvoří znaky.

10a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

11. Srpkovitá anémie je způsobena jednoduchou změnou báze A za T v DNA nemocného člověka. Jak tato změna báze způsobí změnu tvaru červené krvinky z kruhového na srpkovitý?

a) Změna v DNA modifikuje instrukce tak, aby červená krvinka měla tvar srpku.

b) Změna v DNA poskytne informaci buňkám, aby změnily tvar.

c) Změna v DNA změní protein a buňka změní tvar.

d) Změna v DNA změní protein, který způsobí změnu tvaru buňky.

e) Změna v DNA změní aminokyselinu v proteinu, čímž se změní tvar buňky.

f) Změna v DNA změní aminokyselinu a funkčnost proteinu, čímž se změní tvar buňky.

11a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

12. Ženy s *BRCA1* mutacemi (jako třeba Angelina Jolie či Anna K.) mají větší riziko vzniku rakoviny prsu než ženy s normálními geny *BRCA1*. Jak může daná mutace způsobit toto zvýšené riziko?

a) Mutace změní instrukce pro buňky v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

b) Mutace změní buňky v prsu tak, že se stanou rakovinnými.

c) Mutace změní protein uvnitř buněk v prsu.

e) Mutace změní protein v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

f) Mutace změní aminokyseliny v proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

g) Mutace způsobí změny v aminokyselinách a funkci proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

12a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

13. Vaše svalové, nervové a kožní buňky jsou rozdílné, protože každý buněčný typ:

a) se nachází v jiné části těla.

b) má různé funkce.

c) obsahuje různé typy genů.

d) má různé proteiny.

e) má stejnou DNA, ale různé proteiny.

f) aktivuje různé geny, které produkují různé proteiny.

13a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

14. Předpokládejte, že jeden gen určuje barvu očí u člověka. Co je pravda o genu pro barvu očí, mRNA pro barvu očí a proteinu pro barvu očí?

a) Gen, mRNA a protein pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla.

b) Gen, mRNA a protein pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla, nicméně barva očí se projevuje pouze v buňkách oka.

c) Gen, mRNA a protein pro barvu očí se nachází pouze v buňkách oka.

d) Gen a mRNA pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla, ale protein se nachází jen v buňkách oka.

e) Gen pro barvu očí se nachází ve všech buňkách našeho těla, ale mRNA a protein se nachází pouze v buňkách oka.

14a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

15. Které z následujících tvrzení nejlépe popisuje, jak je regulována nebo kontrolována exprese genů?

a) Exprese genů není regulována ani kontrolována.

b) Specifické geny jsou aktivované v určitých částech našeho těla.

c) Geny v buňkách jsou aktivovány pro vykonávání buněčných funkcí.

d) Konkrétní geny uvnitř buněk jim poskytují informace, aby se různě specializovaly.

e) Uvnitř každé buňky jsou pouze určité geny, které produkují potřebné proteiny.

f) Všechny buňky (až na výjimky) mají stejné geny, ale různé proteiny.

g) Buňky si aktivují vybrané geny, aby produkovaly různé proteiny.

15a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

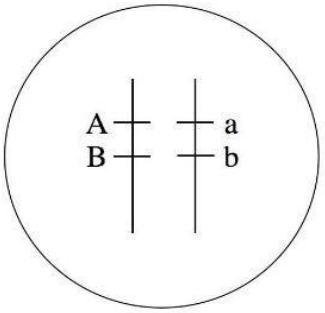
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

16. V zárodečné buňce níže na schématu je pár chromozomů, který obsahuje dva různé geny. Tyto geny leží na chromozomu v těsné blízkosti. „*A*“ společně s „*a*“ reprezentují dvě různé alely (verze či varianty) jednoho genu, „*B*“ a „*b*“ reprezentují dvě rozdílné alely jiného genu. Pokud se tato buňka dělí, aby mohla dát vzniknout spermii, které jsou možné genotypy spermie?



a) Jen *A, a, B, b*.

b) Jen *Aa, Bb*.

c) *AB, Ab, aB,* ab jsou stejně pravděpodobné.

d) Jen *AB, ab*.

e) *AB* a *ab* jsou nejvíce pravděpodobné. *Ab* a *aB* jsou nepravděpodobné, ale nikoliv nemožné.

16a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

17. Které/á z následujících tvrzení je/jsou nesprávné/á v kontextu meiózy?

a) Každý rodič předá potomkům polovinu své genetické informace.

b) Každá pohlavní buňka obsahuje jednu alelu každého genu.

c) Chromozomy jsou náhodně roztříděny a každá pohlavní buňka obsahuje jednu sadu chromozomů.

d) Chromozomy si mohou vyměnit úseky a rekombinovat se, čímž se vytvoří nové kombinace genů a zvýší se genetická variabilita (různorodost).

e) Znaky jsou předány a potomci tak zdědí znaky rodičů.

17a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

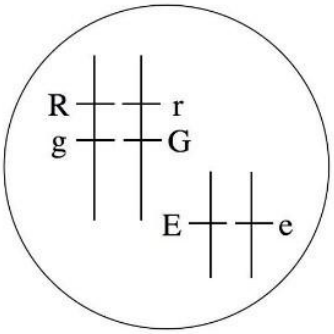
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

18. Předpokládejte tři geny na dvou různých chromozomech: gen *R*, gen *G* a gen *E*. Gen *R* a *G* jsou na chromozomu blízko sebe. Jedinec má genotyp RrGgEe. Jaké jsou možné genotypy pohlavních buněk?



a) Jen *R, r, G, g, E* a *e*.

b) Jen *Rr, Gg, Ee.*

c) *RGE, RGe, RgE, Rge, rGE, rGe, rgE, rge* jsou stejně pravděpodobné.

d) Jen *RgE, Rge, rGE, rGe.*

e) *RgE, Rge, rGE, rGe* jsou nejpravděpodobnější. *RGE, RGe, rgE, rge* jsou nepravděpodobné, ale nikoliv nemožné.

18a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

19. Cystická fibróza (CF) je u lidí způsobena mutací v jednom genu a je děděna jako recesivní znak. Zdravý pár má dvě děti. První má CF, druhé není postiženo. Jak a proč je možné, že rodiče mají jedno dítě s CF a druhé bez?

a) Rodiče a děti mají rozdílné verze znaku pro CF.

b) Děti mají směs znaků CF od rodičů. Normální CF gen přebije u zdravého dítěte mutovaný CF gen. Dítě s CF má dva mutované geny.

c) Rodiče jsou oba přenašeči, dítě s CF obdrží jednu recesivní alelu od každého rodiče. Zdravé dítě obdrží nejméně jednu normální dominantní alelu od jednoho z rodičů.

d) Normální a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Dítě s CF má mutované proteiny, čímž se rozvíjí znaky CF.

e) Normální a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Zdravé dítě má nejméně jeden normální gen, čímž vznikají funkční proteiny, zatímco dítě s CF má dva mutované CF geny, které oba vytváří mutované proteiny CF.

19a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

20. Někdy se zdá, že znak v rodině vymizí, a následně se objeví v pozdějších generacích. Pokud ani jeden z rodičů nemá daný znak, ale někteří jejich potomci ho mají, co soudíte o tomto znaku?

a) Členové rodiny mají různé varianty znaku.

b) Děti mají směs znaků zděděných od rodičů.

c) Oba rodiče jsou přenašeči recesivní alely genu. Děti, u kterých se znak projevil, obdržely jednu recesivní alelu od každého z rodičů.

d) Znak je kódován genem, který má dvě alely lišící se malými změnami. Oba rodiče mají kopii každé z nich a děti se znakem mají dvě recesivní kopie, podle kterých se tvoří proteiny recesivní alely.

e) Děti obdržely dvě recesivní kopie alely, což způsobí projev všech proteinů recesivní alely pro daný znak. Rodiče mají jednu dominantní a jednu recesivní alelu, které dají vzniknout proteinům dominantní i recesivní alely. Protože mají nějaký protein dominantní alely, znak se neobjeví.

20a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

21. Zahradník vypěstoval rostlinu s růžovými květy tak, že křížil rostliny s bílými a červenými květy. Jak a proč byl schopen vypěstovat novou rostlinu s růžovými květy?

a) Všechny rostliny mají rozdílné varianty znaku pro barvu okvětních lístků.

b) Rostlina s růžovými květy obdržela znaky od obou rodičovských rostlin. Růžová barva je směsnou barvou z rostlin s červenými a bílými květy.

c) Rostlina s růžovými květy obdržela po jednom genu od obou rodičovských rostlin. Růžová barva je způsobena neúplnou dominancí.

d) Gen pro barvu okvětních lístků může díky malým změnám kódovat červený nebo bílý protein. Rostlina s růžovými květy má jeden gen od každé rodičovské rostliny.

e) Rostlina s růžovými květy má alelu pro červené a alelu pro bílé barvivo, které se trochu liší, aby produkovaly bílé a červené proteiny. Rostlina s růžovými květy tvoří oba proteiny, růžová barva je způsobena tím, že jdou oba proteiny vidět.

21a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

22. Na obrázku jsou znázorněny tři různé organismy: chlapec, dívka a octomilka. Proč tyto tři organismy vypadají jinak?

a) Organismy mají různé znaky a funkce.

b) Různé organismy mají různou genetickou informaci.

c) Různé organismy mají různou genetickou informaci dokonce i mezi příslušníky jednoho druhu.

d) Organismy stejného druhu mají podobnou, ale trochu jinou DNA.

e) Některé části DNA se liší mezi druhy, některé ale ne. Lidé sdílí některé geny s mouchami.

f) Některé části DNA se liší mezi druhy, některé ale ne, konzervovanější (podobnější) části DNA kódují životně důležité věci.

22a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

23. Molekulárně genetické inženýrství je možné:

a) jen mezi druhy s podobnými znaky, např. rostliny s dalšími rostlinami.

b) jen mezi jedinci stejného druhu, protože mají stejnou genetickou informaci.

c) protože všechny živé organismy mají mírně rozdílnou genetickou informaci.

d) protože jedinci stejného druhu mají některé úseky genetické informace stejné, jiné různé.

e) protože jedinci různých druhů mají některé úseky genetické informace stejné, jiné různé.

f) protože sdílená DNA kóduje pro život nezbytné věci, čím je konzervovanější (podobnější), tím je důležitější produkt genů.

23a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

24. Které/á z následujících tvrzení je/jsou nesprávné/á v souvislosti s genetickou variabilitou (různorodostí) mezi druhy a v rámci nich?

a) Jedinci různých druhů se nějak liší v genetické informaci.

b) Organismy v rámci druhu mají do určité míry rozdílnou genetickou informaci.

c) Organismy v rámci druhu mají do určité míry stejnou genetickou informaci.

d) Některá genetická informace je stejná i mezi organismy různých druhů.

e) Sdílená DNA kóduje pro život nezbytné věci, čím je konzervovanější (podobnější), tím je důležitější produkt genů.

f) Rozdíly mezi druhy, i v rámci jednoho druhu, jsou pouze rozdíly ve znacích a funkcích organismů.

24a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

25. Které/á z následujících tvrzení je/jsou nesprávné/á v souvislosti se změnami v DNA?

a) Změny v DNA dělají organismy v rámci druhu vzhledově odlišnými, protože mají rozdílnou DNA.

b) Změny v DNA mohou být pro organismus prospěšné, nebo škodlivé.

c) Změny v DNA mohou ovlivnit strukturu a funkci proteinu. Tyto změny mohou být prospěšné, škodlivé, nebo neutrální.

d) Změny v DNA vedou ke zvýšené genetické variabilitě (různorodosti) a k evoluci druhů v čase.

e) Změny v DNA vedou ke snížení genetické variability (různorodosti) druhů.

25a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

26. Skupina dospělých černých myší je přemístěna z oblasti s černými skalami do místa, kde je bílý písek. Myši se rozmnožují a jedna z narozených myší měla bílou srst. Které/á z následujících tvrzení/ch o bílé myši je/jsou nepravdivé/á?

a) Bílá myš vypadá jinak než ostatní, protože jde o geneticky odlišný organismus.

b) Změna barvy srsti může být pro myš prospěšná, či škodlivá v závislosti na prostředí, kde žije.

c) Genetická mutace změnila strukturu proteinu nebo jeho funkci a může být pro myš prospěšná, škodlivá, nebo neutrální.

d) Změna barvy srsti zvýší genetickou variabilitu (různorodost) myší a vede k evoluci myší v čase.

e) Změna barvy srsti zvýší genetickou variabilitu (různorodost) myší, ale nemůže vést k evoluci myší v čase.

26a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

27. Mutace v DNA nastávají v genomech většiny organismů, včetně člověka. Jaká je nejdůležitější charakteristika těchto mutací?

a) Různé druhy díky nim vypadají a fungují odlišně.

b) Organismy v rámci jednoho druhu díky nim vypadají a fungují odlišně.

c) Vytváří změny, které mohou být pro organismus prospěšné, nebo škodlivé.

d) Vytváří změny ve struktuře a funkci proteinů, které mohou být pro organismus prospěšné, škodlivé, nebo neutrální.

e) Zajišťují genetickou variabilitu (různorodost) a vedou k evoluci druhů v čase.

27a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

28. Jaký efekt, pokud nějaký, má prostředí na jedince?

a) Prostředí nemá vliv na organismus jako celek ani na jeho jednotlivé části.

b) Prostředí může pouze působit na naše znaky.

c) Prostředí může působit na naše buňky, orgány či tkáně.

d) Prostředí může způsobit mutaci struktur uvnitř buněk (jako je DNA, geny nebo proteiny).

e) Prostředí může změnit typ a množství proteinů, které následně ovlivní funkci buňky.

f) Prostředí může způsobit mutaci v genech, což změní expresi proteinů či proteiny samotné.

28a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

29. Jak vědci vysvětlují genetické a environmentální vlivy na komplexní znaky jako IQ a určité typy rakoviny?

a) Prostředí nemá žádný vliv na tvorbu znaků, ty jsou totiž určeny pouze geny.

b) Prostředí hraje hlavní roli v určování znaků, poněvadž lidé jsou po genetické stránce z 99,9 % stejní.

c) Prostředí může ovlivnit funkci buňky, orgánu nebo tkáně, ale nemůže změnit geny.

d) Prostředí může změnit uspořádání genetické informace, čímž se ovlivní znaky.

e) Prostředí může změnit typ a počet proteinů, které poté ovlivní funkci buňky a znaky.

f) Prostředí může způsobit mutaci genů, které mohou změnit strukturu nebo expresi proteinů, což ovlivní buňku a znaky.

29a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

30. Honza a Tomáš jsou šedesátiletá jednovaječná dvojčata. Honza nikdy nekouřil a Tomáš kouří od dvaceti let. Když byli mladší, lidé je od sebe nemohli rozeznat. Ovšem teď má Tomáš hodně vrásek, šedivé vlasy, kašel a rakovinu plic. Honza má méně vrásek a šedivých vlasů, nemá kašel ani rakovinu plic. Které z následujících tvrzení nejlépe vysvětluje, jak a proč se u Tomáše objevila rakovina plic, ale u jeho dvojčete ne?

a) Kouření nemá žádnou souvislost s Tomášovou rakovinou plic, příčina je genetická.

b) Kouření způsobilo Tomášovu rakovinu plic, vrásky a kašel, protože jeho bratr tyto příznaky nemá.

c) Kouření poničilo buňky v jeho plicích a nashromážděný dehet způsobil přeměnu některých jeho plicních buněk na rakovinné.

d) Kouření změnilo Tomášovu DNA a geny, které způsobily rakovinu.

e) Kouření zničilo určitý typ a počet proteinů v jeho plicních buňkách, což způsobilo rakovinu.

f) Kouření způsobilo mutaci genů, která změnila expresi proteinů nebo samotné proteiny, což způsobilo rakovinu.

30a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

31. U mladého muže se objevila rakovina kůže, která se nešíří do ostatních tkání, mutace odpovědná za rakovinu vznikla v jediné kožní buňce. Pokud by s manželkou (která nemá rakovinu kůže) měl děti poté, co mu byla rakovina diagnostikována, která z následujících situací je nejpravděpodobnější?

a) Rakovina kůže bude předána na potomky.

b) Mutace bude předána na potomky a na další dceřiné buňky kožních buněk muže.

c) Mutace nebude předána na potomky.

d) Mutace nebude předána na potomky, ale bude předána na další dceřiné buňky kůže muže.

31a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

32. U jedince po biopsii (= odběr vzorku tkáně z živého organismu) prsu byla nalezena mutace v genu, který je spojen se vznikem rakoviny prsu. Může být tato mutace předána potomkům?

a) Protože jde o znak, který byl nalezen při biopsii, může být předán na potomky.

b) Protože jde o mutaci, může být předána na potomky.

c) Protože jde o mutaci, která se nachází v gametách, může být předána na potomky.

d) Protože jde o mutaci, která se nachází ve všech buňkách, může být předána na potomky i dceřiné buňky jedince.

32a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

33. Martinův pes Puňta má bouli na kůži. Když ho Martin vzal k veterináři, dozvěděl se, že má jeho pes rakovinu. Veterinář mu řekl, že rakovina vznikla mutací v jedné buňce a dále se nešířila. Pokud by měl Puňta s fenou štěňata, zdědila by štěňata rakovinu kůže?

a) Rakovina se může dědit, takže může být předána štěňatům.

b) Mutace v DNA může být předána dceřiným buňkám kůže Puňti, a také na štěňata.

c) Mutace nemůže být předána štěňatům, takže rakovinu nezdědí.

d) Mutace v DNA může být předána dceřiným buňkám kůže Puňti, ale nikoliv na štěňata.

33a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

34. Jak je exprese genů regulována nebo kontrolována?

a) Genová exprese není regulována ani kontrolována.

b) Geny jsou zapnuty během vývoje a zůstávají zapnuté po celý život jedince.

c) Geny jsou zapínány a vypínány během vývoje.

d) Geny jsou zapínány a vypínány v určitých stádiích života jedince.

34a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

35. Ve kterém období během života jedince se změní exprese genů?

a) Genová exprese se během života jedince nemění.

b) Změny v genové expresi začínají při početí a končí poté, co jedinec dokončí svůj vývoj.

c) Genová exprese se mění pouze v klíčových stádiích života, jako jsou vývoj, puberta a menopauza.

d) Změny v genové expresi začínají při početí a trvají po celý život jedince.

35a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

36. Proč někdy jednovaječná dvojčata vypadají různě?

a) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, proto z genetických příčin nemohou vypadat různě. Případné rozdíly ve vzhledu jsou způsobeny vnějšími vlivy, jako líčení, dieta či kouření.

b) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, ale u každého z nich mohou být zapnuty různé geny.

c) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, ale u každého z nich mohou být geny zapnuty nebo vypnuty během vývoje či puberty, čímž je způsoben rozdílný vzhled dvojčat.

d) Jednovaječná dvojčata mají stejnou DNA, ale u každého z nich mohou být zapnuty nebo vypnuty různé geny v průběhu života, čímž je způsoben rozdílný vzhled dvojčat.

36a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

Příloha 4 – V3_Test učebního pokroku v molekulární biologii a genetice

1. Jaký je vztah mezi DNA, geny a chromozomy?

a) Geny nemají nic společného s DNA ani s chromozomy.

b) Geny se skládají z chromozomů a nacházejí se v DNA.

c) Chromozomy se skládají z DNA, ale nikoliv z genů.

d) Chromozomy se skládají z genů, ale nikoliv z DNA.

e) Geny jsou tvořeny z DNA a nacházejí se na chromozomech.

1a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

2. Co nejlépe popisuje vztah mezi nukleotidy, DNA a buňkami?

a) Nukleotidy nemají nic společného s DNA ani s buňkami.

b) DNA je tvořena buňkami a DNA se nachází v nukleotidech.

c) Jak DNA, tak nukleotidy se nachází v buňkách.

d) DNA se skládá z buněk a nukleotidy se nachází v DNA.

e) DNA je tvořena nukleotidy a nachází se v buňkách.

2a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

3. Jaký je vztah mezi geny, chromozomy a genomem?

a) Geny nemají nic společného s chromozomy ani s genomem.

b) Všechny naše geny tvoří náš genom a naše chromozomy se nacházejí v našich genech.

c) Všechny naše geny tvoří náš genom a geny se nacházejí na chromozomech.

d) Všechny naše chromozomy tvoří náš genom a chromozomy se nacházejí v našich genech.

e) Geny se nachází na chromozomech a všechny naše chromozomy tvoří náš genom.

3a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

4. Proč je DNA někdy označována jako „genetická informace“?

a) DNA nese naše geny.

b) DNA kóduje instrukce (návod) pro naše tělo.

c) DNA kóduje naše buňky, tkáně a orgány.

d) DNA kóduje molekuly uvnitř našich buněk.

e) DNA kóduje proteiny.

f) Sekvence DNA kódují konkrétní aminokyseliny.

4a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

5. Jaký je účel genů?

a) Geny vypovídají o naší DNA.

b) Geny kódují instrukce (návod) pro naše tělo.

c) Geny kódují instrukce (návod) pro funkce našich buněk.

d) Geny kódují molekuly v našich buňkách.

e) Geny kódují proteiny.

f) Geny kódují konkrétní sekvence aminokyselin.

5a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

6. Předpokládejte, že barva korunních lístků je řízena jedním genem. Jak tento gen pro červenou barvu zajistí červenou barvu korunních lístků?

a) Gen pro červenou barvu korunních lístků vypovídá o DNA a o červených korunních lístcích.

b) Gen poskytne korunním lístkům instrukce, aby byly červené.

c) Gen kóduje pletivo pro červené korunní lístky.

d) Gen kóduje červené částečky (partikule) v buňkách korunních lístků.

e) Gen kóduje proteiny červeného barviva.

f) Gen poskytne sekvenci aminokyselin pro červený pigment.

6a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

7. Co platí o funkci proteinů?

a) Proteiny nemají funkce, v našem těle pracují naše buňky.

b) Proteiny jsou živinami a napomáhají tak našemu tělu růst.

c) Proteiny se podílejí na významných činnostech v buňce.

d) Funkce proteinu záleží na jeho celkové 3D (prostorové) struktuře.

e) Funkce proteinu záleží na jeho struktuře určené aminokyselinami.

7a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

8. Proč mají různé proteiny v těle různé funkce?

a) Proteiny, na rozdíl od buněk, nemají specifické funkce.

b) Protože proteiny vám dodají mnoho různých živin a jsou zdraví prospěšné.

c) Proteiny mají různé funkce, jelikož mají rozdílnou strukturu.

d) Proteiny mohou mít různé části nebo struktury, které provádějí různé funkce.

e) Rozdílné sekvence aminokyselin v proteinech mohou být příčinou jejich různé struktury a funkce.

8a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

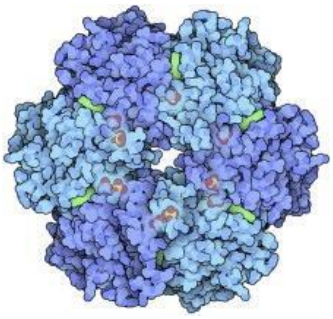
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

9. Které tvrzení nejlépe popisuje funkci zobrazeného proteinu?



a) Tento protein nemá specifickou funkci. Funkce v našem těle vykonávají buňky.

b) Tento protein dodává našemu tělu živiny. Různé části proteinu jsou různými typy živin, které naše tělo potřebuje.

c) Jeho funkci určuje jeho tvar a otvor v jeho struktuře.

d) Funkcí proteinu může být transport malých molekul skrze otvor v proteinu.

e) Aminokyseliny uvnitř otvoru v proteinu mohou určit, které malé molekuly mohou projít skrz otvor.

9a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

10. Jaký je vztah mezi geny a znaky vyjádřenými v daném organismu?

a) Geny a znaky spolu nesouvisí.

b) Geny poskytují instrukce pro vytvoření konkrétních znaků organizmu.

c) Geny poskytují informace buňkám o tom, co mají v organizmech dělat.

d) Geny kódují proteiny v organizmech.

e) Geny kódují proteiny, které vytváří znaky organizmu.

f) Geny kódují aminokyseliny v proteinu organizmu.

g) Geny určují pořadí aminokyselin, ty určí funkci daného proteinu, který vytvoří znaky.

10a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

11. Srpkovitá anémie je způsobena záměnou jednoho nukleotidu A za T v DNA nemocného člověka. Jak tato záměna nukleotidu způsobí změnu tvaru červené krvinky z kruhového na srpkovitý u lidí se srpkovitou anémií?

a) Změna v DNA modifikuje instrukce tak, aby červená krvinka měla tvar srpku.

b) Změna v DNA poskytne informaci červeným krvinkám, aby změnily tvar.

c) Změna v DNA změní protein a červená krvinka změní tvar.

d) Změna v DNA změní protein, který způsobí změnu tvaru červené krvinky.

e) Změna v DNA změní sekvenci aminokyselin v proteinu, čímž se změní tvar červené krvinky.

f) Změna v DNA změní aminokyselinu a funkci proteinu, čímž se změní tvar červené krvinky.

11a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

12. Ženy s *BRCA1* mutacemi (jako třeba Angelina Jolie či Anna K.) mají větší riziko vzniku rakoviny prsu než ženy s nemutovanými geny *BRCA1*. Jak může daná mutace způsobit toto zvýšené riziko?

a) Mutace změní instrukce (návod) pro buňky v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

b) Mutace změní buňky v prsu tak, že se stanou rakovinnými.

c) Mutace změní protein uvnitř buněk v prsu.

d) Mutace změní protein v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

e) Mutace změní aminokyseliny v proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

f) Mutace způsobí změny v aminokyselinách a funkci proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

12a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

13. Vaše svalové, nervové a kožní buňky jsou rozdílné, protože každý buněčný typ:

a) se nachází v jiné části těla.

b) má různé funkce.

c) má v buňkách různé typy genů.

d) má v buňkách různé proteiny.

e) má stejnou DNA, ale různé proteiny.

f) aktivuje různé geny a produkuje různé proteiny.

13a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

14. Předpokládejte, že jeden gen určuje barvu kůže u žab. Co je pravdivé o genu pro barvu kůže, mRNA pro barvu kůže a proteinu pro barvu kůže u žab?

a) Gen, mRNA a protein pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla.

b) Gen, mRNA a protein pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla, nicméně barva kůže se projevuje pouze v buňkách kůže.

c) Gen, mRNA a protein pro barvu kůže se nachází pouze v kožních buňkách žab.

d) Gen a mRNA pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla, ale protein se nachází jen v kožních buňkách žab.

e) Gen pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla, ale mRNA a protein se nachází pouze v kožních buňkách žab.

14a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

15. Které z následujících tvrzení nejlépe popisuje buňky v našem těle?

a) Buňky jsou různé, protože jsou v různých částech našeho těla (např. v kůži, ve svalech).

b) Buňky jsou různé, protože v našem těle vykonávají různé funkce.

c) Buňky obsahují různé geny a DNA, aby mohly v našem těle vykonávat různé funkce.

d) Buňky obsahují různé proteiny, aby mohly vykonávat v našem těle různé funkce.

e) Většina buněk v našem těle obsahuje stejnou DNA, ale různé proteiny.

f) Většina buněk má stejnou DNA, ale přepisuje pro tvorbu proteinů různé geny.

15a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

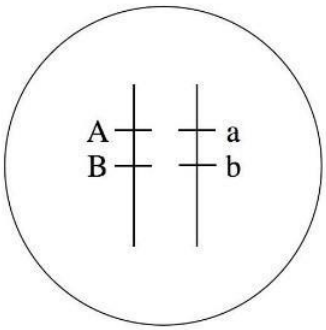
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

16. V zárodečné buňce na schématu je pár chromozomů, který obsahuje dva různé geny. Tyto geny leží na chromozomu v těsné blízkosti a mohou být považovány za geneticky vázané. „*A*“ společně s „*a*“ reprezentují dvě různé alely (verze či varianty) jednoho genu, „*B*“ a „*b*“ reprezentují dvě rozdílné alely jiného genu. Pokud se tato buňka dělí, aby mohla dát vzniknout spermii, které jsou možné genotypy spermie?



a) Pouze *A, a, B, b.*

b) Pouze *Aa, Bb.*

c) *AB, Ab, aB, ab* jsou stejně pravděpodobné.

d) Pouze *AB, ab.*

e) *AB* a *ab* jsou nejpravděpodobnější. *Ab* a *aB* jsou méně pravděpodobné, ale možné.

16a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

17. Které z následujících tvrzení nejlépe popisuje proces meiózy?

a) Znaky jsou předány a potomci tak zdědí znaky rodičů.

b) Každý rodič předá potomkům polovinu své genetické informace.

c) Každá pohlavní buňka obsahuje jednu alelu každého genu.

d) Chromozomy jsou náhodně roztříděny a každá pohlavní buňka obsahuje jednu sadu chromozomů.

e) Chromozomy si mohou vyměnit úseky a rekombinovat se, čímž se vytvoří nové kombinace genů a zvýší se genetická variabilita (různorodost).

17a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

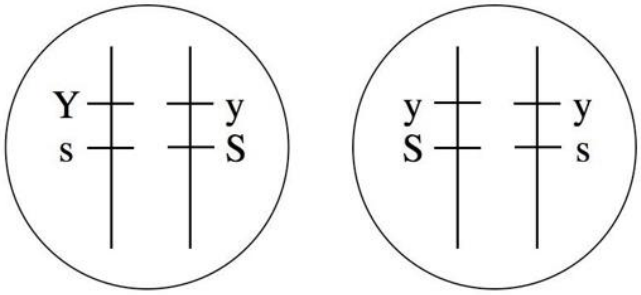
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

18. Barva a povrch semen hrachu jsou určeny dvěma různými geny. Žlutá barva (*Y*) je dominantní nad bezbarvou (*y*). Hladký povrch (*S*) je dominantní nad zvrásněným (*s*). Předpokládejte, že tyto dva geny jsou vzájemně tak blízko, že je můžeme považovat za geneticky vázané. Zemědělec zkřížil hrách se žlutými hladkými semeny (*YySs*) s hrachem, který měl semena hladká a bezbarvá (*yySs*). Jak budou semena hrachu vypadat v nové rostlině?



a) 50% bude žlutých a hladkých, 50% bude bezbarvých a hladkých.

b) 25% bude žlutých a hladkých, 25% bude žlutých a zvrásněných, 25% bude bezbarvých hladkých a 25% bude bezbarvých a zvrásněných.

c) 3/8 budou žluté a hladké, 1/8 bude žlutá a zvrásněná, 3/8 budou bezbarvé a hladké a 1/8 bude bezbarvá a zvrásněná.

d) 25% bude žlutých a hladkých, 25% bude žlutých a zvrásněných a 50% bude bezbarvých a hladkých.

e) 1/4 bude žlutá a hladká, 1/4 bude žlutá a zvrásněná a 1/2 bude bezbarvá a hladká. Bezbarvé a zvrásněné zrno bude vzácné, ale může vzniknout.

18a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

19. Cystická fibróza (CF) je u lidí způsobena mutací v jednom genu a je děděna jako recesivní znak. Zdravý pár má dvě děti. První má CF, druhé není postiženo. Jak a proč je možné, že rodiče mají jedno dítě s CF a druhé bez?

a) Rodiče a děti mají rozdílné verze znaku pro CF. Zdravé rodiče a dítě mají jednu verzi znaku pro CF. Dítě s CF má odlišnou verzi znaku pro CF.

b) Děti mají směs znaků CF od rodičů. Nemutovaný CF znak přebije u zdravého dítěte mutovaný CF znak. Dítě s CF má dva mutované znaky, každý od jednoho rodiče. Rodiče mají oba, tedy jak nemutovaný, tak mutovaný CF znak.

c) Rodiče jsou oba přenašeči, dítě s CF obdrží jednu recesivní alelu od každého rodiče. Zdravé dítě obdrží nejméně jednu nemutovanou dominantní alelu od jednoho z rodičů.

d) Nemutované a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Dítě s CF obdrželo 2 mutované geny, které tvoří mutované proteiny, čímž vznikají znaky CF. Zdravé dítě obdrželo alespoň jeden nemutovaný gen, proto není nemocné.

e) Nemutované a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Zdravé dítě má nejméně jeden nemutovaný gen, vznikají tak funkční proteiny. Dítě s CF má dva mutované CF geny, které oba vytváří mutované proteiny způsobující CF.

19a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

20. Někdy se zdá, že znak v rodině vymizí, a následně se objeví v pozdějších generacích. Pokud ani jeden z rodičů nemá daný znak, ale někteří jejich potomci ho mají, co soudíte o tomto znaku?

a) Členové rodiny mají různé varianty znaku. Rodiče mohou mít jednu verzi znaku, zatímco jejich potomci mohou mít jinou verzi znaku. Někdy členové rodiny, jako tety, strýcové a prarodiče, mají stejnou verzi znaku jako děti. Tak mohou znaky „přeskakovat“ generace.

b) Děti mají směs znaků zděděných od rodičů. Rodiče předají své znaky dětem, znaky se smíchají a vytvoří znaky viditelné u dětí. Děti, u kterých se znak projevil, dostaly recesivní znaky od rodičů, aby u nich tvořily daný znak.

c) Oba rodiče jsou přenašeči recesivní alely genu, resp. každý z nich má jednu dominantní a

jednu recesivní alelu. Děti, u kterých se znak projevil, obdržely jednu recesivní alelu od každého z rodičů. Děti, u nichž se znak neprojevil, obdržely alespoň jednu dominantní alelu od jednoho z rodičů.
d) Znak je kódován genem, který má dvě alely lišící se malými změnami. Oba rodiče mají kopii každé z nich (dominantní a recesivní) a děti s projeveným znakem mají dvě recesivní kopie, podle kterých se tvoří proteiny recesivní alely. Děti, u nichž se znak neprojevil, mají alespoň jednu dominantní alelu.
e) Rodiče mají jednu dominantní a jednu recesivní alelu, podle kterých se tvoří dané proteiny. Pokud mají nějaký dominantní protein, recesivní znak se neprojeví. Děti s daným znakem obdržely dvě recesivní alely, podle kterých se tvoří proteiny recesivní alely a daný znak se projeví.

20a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

21. Zahradník vypěstoval rostlinu s růžovými květy tak, že křížil rostliny s bílými a červenými květy. Jak a proč byl schopen vypěstovat novou rostlinu s růžovými květy?

a) Rostliny mají rozdílné varianty znaku pro barvu korunních lístků. Je červená, bílá a růžová verze znaku pro barvu korunních lístků. Rostliny mají jednu z těchto verzí, podle které zbarví své květy.
b) Rostlina s růžovými květy obdržela znaky od obou rodičovských rostlin. Bílá rostlina dala znak pro bílou barvu a červená rostlina dala znak pro červenou barvu. Růžová barva je směs těchto dvou znaků.
c) Rostlina s růžovými květy obdržela jednu alelu od každé z rodičovských rostlin. Bílá rostlina dala alelu pro bílou barvu a červená rostlina dala alelu pro červenou barvu. Růžová barva je způsobena neúplnou dominancí, protože má jak alelu pro červenou, tak pro bílou barvu.
d) Gen pro barvu korunních lístků může díky malým odchylkám kódovat červený nebo bílý protein. Bílá rostlina má dvě alely pro bílou barvu, proto tvoří bílé proteiny. Červená rostlina má dvě alely pro červenou barvu, proto tvoří červené proteiny. Rostlina s růžovými květy má

jednu alelu od každé rodičovské rostliny.

e) Rostlina s růžovými květy má alelu pro červené a alelu pro bílé barvivo. Tyto alely se trochu liší, což umožňuje rostlině s růžovými květy tvořit oba proteiny. Růžová barva je způsobena tím, že jdou oba proteiny vidět.

21a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

22. Na obrázku jsou znázorněny tři různé organismy: chlapec, dívka a octomilka. Proč tyto tři organismy vypadají jinak?

a) Různé organismy mají různé znaky a funkce.

b) Různé organismy mají různou genetickou informaci.

c) Různé organismy mají různou genetickou informaci dokonce i mezi příslušníky jednoho druhu.

d) Organismy stejného druhu mají část DNA podobnou a část odlišnou.

e) Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé ale ne. Lidé a mouchy mají některé geny shodné.

f) Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé ne. Podobné úseky DNA kódují životně důležité věci.

22a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

23. Které tvrzení o organizmech je nejvýstižnější?

a) Organizmy mají některé znaky a funkce různé.

b) Organizmy mají část genetické informace různou.

c) Organizmy jednoho druhu mají část genetické informace různou.

d) Organizmy jednoho druhu mají část genetické informace podobnou a jinou část odlišnou.

e) Organizmy různých druhů mají část genetické informace podobnou a jinou část odlišnou.

f) Sdílená DNA kóduje životně nezbytné věci, čím je podobnější, tím je produkt genů důležitější.

23a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

24. Které tvrzení je nejvýstižnější v souvislosti s genetickými rozdíly mezi druhy a v rámci nich?

a) Rozdíly mezi druhy i v rámci jednoho druhu jsou pouze rozdílem ve znacích a funkcích organizmů.

b) Jedinci různých druhů se do určité míry liší v genetické informaci.

c) Organizmy v rámci druhu mají do určité míry rozdílnou genetickou informaci.

d) Organizmy v rámci druhu mají do určité míry podobnou genetickou informaci.

e) Některá genetická informace je podobná i v organizmech různých druhů.

f) Čím je genetická informace podobnější, tím je důležitější produkt genů.

24a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

25. Které tvrzení je nejvýstižnější v souvislosti se změnami v DNA?

a) Změny v DNA vedou ke snížení genetické variability (různorodosti) druhů.

b) Organizmy v rámci druhu jsou vzhledově odlišné, protože kvůli změnám v DNA mají DNA rozdílnou.

c) Změny v DNA mohou být pro reprodukční úspěšnost organizmu prospěšné, nebo škodlivé.

d) Změny v DNA mohou ovlivnit strukturu a funkci proteinu. Tyto změny mohou být pro reprodukční úspěšnost organizmu prospěšné, škodlivé, nebo neutrální.

e) Změny v DNA vedou ke zvýšení genetické variability (různorodosti) a k evoluci druhů v čase.

25a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

26. Skupina dospělých černých myší je přemístěna z oblasti s černými skalami do místa, kde je bílý písek. Myši se začnou rozmnožovat a jedna z narozených myší má bílou srst. Které z následujících tvrzení o bílé myši je nejvýstižnější?

a) Změna barvy srsti je způsobena genetickou variabilitou (různorodostí) myší, ale nemůže vést k evoluci myší v čase.

b) Bílá myš vypadá jinak než ostatní, protože jde o geneticky odlišný organizmus.

c) Změna barvy srsti může být pro reprodukční úspěšnost myši prospěšná, či škodlivá v závislosti na prostředí, kde žije.

d) Genetická mutace změnila strukturu nebo funkci proteinu a může být pro reprodukční úspěšnost myši prospěšná, škodlivá, nebo neutrální.

e) Změna barvy srsti je způsobena genetickou variabilitou (různorodostí) myší a vede k evoluci myší v čase.

26a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

27. Mutace v DNA nastávají v genomech většiny organizmů, včetně člověka. Jaká je nejdůležitější charakteristika těchto mutací?

a) Mutace způsobují, že jsou jedinci různých druhů odlišní. Druhy obsazují charakteristické prostředí, ve kterém žijí a mutace to mohou změnit.

b) Mutace dělají organizmy v rámci jednoho druhu odlišnými. Mutace může změnit jedince v rámci druhu.

c) Mutace způsobují změny, které mohou být prospěšné či škodlivé pro reprodukční úspěšnost organizmu.

d) Mutace mohou vést ke změnám ve struktuře či funkci proteinů, které mohou být prospěšné, škodlivé či neutrální pro reprodukční úspěšnost organizmu.

e) Mutace mohou být prospěšné, škodlivé či neutrální. Zajišťují genetickou různorodost a mohou vést k evoluci organizmů v čase.

27a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

28. Jaký efekt, pokud nějaký, má prostředí na jedince?

a) Prostředí nás neovlivňuje, nemá vliv na organizmus jako celek ani na jeho jednotlivé části.

b) Prostředí může ovlivnit naše znaky a funkce, ale nikoliv naše buňky, proteiny, či geny.

c) Prostředí může ovlivnit na naše buňky, orgány či tkáně.

d) Prostředí může způsobit mutace biomolekul (jako DNA či proteinů) v buňce.

e) Prostředí může změnit typ a množství proteinů, které následně ovlivní funkci a znaky buňky.

f) Prostředí může způsobit mutaci v genech, což změní expresi proteinů, nebo proteiny samotné.

28a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

29. Jak vědci vysvětlují vlivy genetiky a životního prostředí na komplexní znaky jako IQ a určité typy rakoviny?

a) Prostředí nemá žádný vliv na tvorbu znaků, znaky jsou určeny pouze geny.

b) Prostředí hraje hlavní roli v určování znaků, protože lidé jsou po genetické stránce z 99,9 % stejní.

c) Prostředí může ovlivnit funkci buňky, orgánu nebo tkáně, ale nemůže změnit geny.

d) Prostředí může změnit uspořádání genetické informace, čímž ovlivní znaky.

e) Prostředí může změnit typ a počet proteinů, které poté ovlivní funkci buňky a znaky.

f) Prostředí může způsobit mutaci genů, které mohou změnit strukturu nebo expresi proteinů, což ovlivní buňku a znaky.

29a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

30. Honza a Tomáš jsou šedesáti letá jednovaječná dvojčata. Honza nikdy nekouřil a Tomáš kouří od dvaceti let. Když byli mladší, lidé je od sebe nemohli rozeznat. Ovšem teď má Tomáš hodně vrásek, šedivé vlasy, kašel a rakovinu plic. Honza má méně vrásek a šedivých vlasů, nemá kašel ani rakovinu plic. Které z následujících tvrzení nejlépe vysvětluje, jak a proč se u Tomáše objevila rakovina plic, ale u jeho dvojčete ne?

a) Kouření nemá žádnou souvislost s Tomášovou rakovinou plic, příčina vzniku rakoviny je genetická.

b) Kouření způsobilo Tomášovi rakovinu plic, vrásky a kašel, protože jeho bratr tyto příznaky nemá.

c) Kouření poničilo buňky v Tomášových plicích a nashromážděný dehet způsobil přeměnu některých jeho plicních buněk na rakovinné.

d) Kouření způsobilo Tomášovu rakovinu zničením a změnou jeho DNA a genů.

e) Kouření zničilo určitý typ a počet proteinů v jeho plicních buňkách, což způsobilo Tomášovi rakovinu.

f) Kouření způsobilo mutaci genů, která změnila expresi proteinů nebo samotné proteiny, což způsobilo Tomášovi rakovinu.

30a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

31. U mladého muže se objevila rakovina kůže, která se nešíří do ostatních tkání. Mutace odpovědná za rakovinu vznikla v jediné kožní buňce. Pokud by s manželkou (která nemá rakovinu kůže) měl děti poté, co mu byla rakovina diagnostikována, která z následujících situací je nejpravděpodobnější?

a) Rakovina kůže bude předána na potomky.

b) Mutace bude předána na potomky a na další dceřiné buňky kožních buněk muže.

c) Mutace nebude předána na potomky.

d) Mutace nebude předána na potomky, ale bude předána na dceřiné kožní buňky muže.

31a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

32. U jedince po biopsii (= odběr vzorku tkáně z živého organizmu) prsu a následném vyšetření byla nalezena mutace v genu, který je spojen s rakovinou prsu. S touto mutací se jedinec již narodil. Může být tato mutace předána potomkům?

a) Mutace nemůže být předána potomkům.

b) Protože jde o znak, který byl nalezen při biopsii, může být předán na potomky.

c) Protože jde o mutaci, může být předána na potomky.

d) Protože jde o mutaci, která se nachází v pohlavních buňkách, může být předána na potomky.

e) Protože jde o mutaci, která se nachází ve všech buňkách, může být předána na potomky i dceřiné buňky jedince.

32a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

33. Martinův pes Puňta má bouli na kůži. Když ho Martin vzal k veterináři, dozvěděl se, že jeho pes má rakovinu. Veterinář mu řekl, že rakovina vznikla mutací v jedné buňce a nešířila se do dalších částí těla. Pokud by měl Puňta s fenou štěňata, zdědila by štěňata rakovinu kůže?

a) Rakovina se může dědit, takže může být předána štěňatům.

b) Mutace v DNA může být předána dceřiným kožním buňkám Puňti i na štěňata.

c) Mutace nemůže být předána štěňatům, takže rakovinu nezdědí.

d) Mutace v DNA může být předána dceřiným kožním buňkám Puňti, ale nikoliv na štěňata.

33a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

34. Jak je exprese genů regulována nebo řízena?

a) Genová exprese není regulována ani řízena.

b) Geny jsou zapnuty během vývoje a zůstávají zapnuté po celý život jedince.

c) Geny jsou zapínány a vypínány během vývoje.

d) Geny jsou zapínány a vypínány v určitých stádiích života jedince.

34a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

35. Ve kterém období během života jedince se může exprese genů změnit?

a) Genová exprese se během života jedince nemění.

b) Geny se aktivují při oplození a zůstávají zapnuty po celý život jedince.

c) Genová exprese se může změnit pouze v klíčových stádiích života, jako jsou vývoj, puberta a menopauza.

d) Genová exprese se může změnit kdykoliv po oplození po celý život jedince.

35a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

36. Vědci připravili geneticky identická dvojčata myší. Myši měly k dispozici stejná terária, stejné jídlo a pití, i všechny další potřebné věci byly stejné. Po čase si vědci všimli, že myši začínají vypadat jinak. Které z následujících tvrzení nejlépe vysvětluje, proč myši začaly vypadat mírně odlišně?

a) Myši jsou geneticky identické, takže z hlediska genetiky nemohou vypadat odlišně. Určité rozdíly jsou zapříčiněny vnějšími vlivy, jako v které části místnosti jsou terária umístěna, či která z myší byla krmena jako první.

b) Geneticky identické myši mají stejnou DNA, ale aktivní jsou různé geny. Různá aktivita genů může zapříčinit změny ve vzhledu myší.
c) Geneticky identické myši mají stejnou DNA, ale geny mohou být zapínány nebo vypínány během vývoje, což způsobí odlišnosti ve vzhledu.
d) Geneticky identické myši mají stejnou DNA, ale po celý jejich život jsou aktivovány a vypínány různé geny, což způsobí odlišnosti ve vzhledu myší.

36a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

Příloha 5 – NV_Navržená netestovaná verze testu

1. Jaký je vztah mezi DNA, geny a chromozomy?

a) Geny nemají nic společného s DNA ani s chromozomy.

b) Geny se skládají z chromozomů a nacházejí se v DNA.

c) Chromozomy se skládají z DNA, ale nikoliv z genů.

d) Chromozomy se skládají z genů, ale nikoliv z DNA.

e) Geny jsou tvořeny z DNA a nacházejí se na chromozomech.

1a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

2. Co nejlépe popisuje vztah mezi nukleotidy, DNA a buňkami?

a) Nukleotidy nemají nic společného s DNA ani s buňkami.

b) DNA je tvořena buňkami a DNA se nachází v nukleotidech.

c) Jak DNA, tak nukleotidy se nachází v buňkách.

d) DNA se skládá z buněk a nukleotidy se nachází v DNA.

e) DNA je tvořena nukleotidy a nachází se v buňkách.

2a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

3. Jaký je vztah mezi geny, chromozomy a genomem?

a) Geny nemají nic společného s chromozomy ani s genomem.

b) Všechny naše geny tvoří náš genom a naše chromozomy se nacházejí v našich genech.

c) Všechny naše geny tvoří náš genom a geny se nacházejí na chromozomech.

d) Všechny naše chromozomy tvoří náš genom a chromozomy se nacházejí v našich genech.

e) Geny se nachází na chromozomech a všechny naše chromozomy tvoří náš genom.

3a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

4. Proč je DNA někdy označována jako „genetická informace“?

a) DNA nese naše geny.

b) DNA kóduje instrukce (návod) pro naše tělo.

c) DNA kóduje naše buňky, tkáně a orgány.

d) DNA kóduje molekuly uvnitř našich buněk.

e) DNA kóduje proteiny.

f) Sekvence DNA kódují konkrétní aminokyseliny.

4a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

5. Jaký je účel genů?

a) Geny vypovídají o naší DNA.

b) Geny kódují instrukce (návod) pro naše tělo.

c) Geny kódují instrukce (návod) pro funkce našich buněk.

d) Geny kódují molekuly v našich buňkách.

e) Geny kódují proteiny.

f) Geny kódují konkrétní sekvence aminokyselin.

5a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

6. Předpokládejte, že barva korunních lístků je řízena jedním genem. Jak tento gen pro červenou barvu zajistí červenou barvu korunních lístků?

a) Gen pro červenou barvu korunních lístků vypovídá o DNA a o červených korunních lístcích.

b) Gen poskytne korunním lístkům instrukce, aby byly červené.

c) Gen kóduje pletivo pro červené korunní lístky.

d) Gen kóduje červené částečky (partikule) v buňkách korunních lístků.

e) Gen kóduje proteiny červeného barviva.

f) Gen poskytne sekvenci aminokyselin pro červený pigment.

6a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

7. Co platí o funkci proteinů?

a) Proteiny nemají funkce, v našem těle pracují naše buňky.

b) Proteiny jsou živinami a napomáhají tak našemu tělu růst.

c) Proteiny se podílejí na významných činnostech v buňce.

d) Funkce proteinu záleží na jeho celkové 3D (prostorové) struktuře.

e) Funkce proteinu záleží na jeho struktuře určené aminokyselinami.

7a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

8. Proč mají různé proteiny v těle různé funkce?

a) Proteiny, na rozdíl od buněk, nemají specifické funkce.

b) Protože proteiny vám dodají mnoho různých živin a jsou zdraví prospěšné.

c) Proteiny mají různé funkce, jelikož mají rozdílnou strukturu.

d) Proteiny se mohou lišit v určitých částech a nebo mít jinou strukturu, v důsledku toho mohou mít různé funkce.

e) Rozdílné sekvence aminokyselin v proteinech mohou být příčinou jejich různé struktury a funkce.

8a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

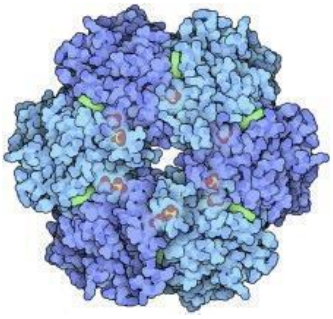
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

9. Které tvrzení nejlépe popisuje funkci zobrazeného proteinu?



a) Tento protein nemá specifickou funkci. Funkce v našem těle vykonávají buňky.

b) Tento protein dodává našemu tělu živiny. Různé části proteinu jsou různými typy živin, které naše tělo potřebuje.

c) Jeho funkci určuje jeho tvar a otvor v jeho struktuře.

d) Funkcí proteinu může být transport malých molekul skrze otvor v proteinu.

e) Aminokyseliny uvnitř otvoru v proteinu mohou určit, které malé molekuly mohou projít skrz otvor.

9a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

10. Jaký je vztah mezi geny a znaky vyjádřenými v daném organismu?

a) Geny a znaky spolu nesouvisí.

b) Geny poskytují instrukce pro vytvoření konkrétních znaků organizmu.

c) Geny poskytují informace buňkám o tom, co mají v organizmech dělat.

d) Geny kódují proteiny v organizmech.

e) Geny kódují proteiny, které vytváří znaky organizmu.

f) Geny kódují aminokyseliny v proteinu organizmu.

g) Geny určují pořadí aminokyselin, ty určí funkci daného proteinu, který vytvoří znaky.

10a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

11. Srpkovitá anémie je způsobena záměnou jednoho nukleotidu A za T v DNA nemocného člověka. Jak tato záměna nukleotidu způsobí změnu tvaru červené krvinky z kruhového na srpkovitý u lidí se srpkovitou anémií?

a) Změna v DNA modifikuje instrukce tak, aby červená krvinka měla tvar srpku.

b) Změna v DNA poskytne informaci červeným krvinkám, aby změnily tvar.

c) Změna v DNA změní protein a červená krvinka změní tvar.

d) Změna v DNA změní protein, který způsobí změnu tvaru červené krvinky.

e) Změna v DNA změní sekvenci aminokyselin v proteinu, čímž se změní tvar červené krvinky.

f) Změna v DNA změní aminokyselinu a funkčnost proteinu, následně se změní tvar červené krvinky.

11a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

12. Ženy s *BRCA1* mutacemi (jako třeba Angelina Jolie či Anna K.) mají větší riziko vzniku rakoviny prsu než ženy s nemutovanými geny *BRCA1*. Jak může daná mutace způsobit toto zvýšené riziko?

a) Mutace změní instrukce (návod) pro buňky v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

b) Mutace změní buňky v prsu tak, že se stanou rakovinnými.

c) Mutace změní protein uvnitř buněk v prsu.

d) Mutace změní protein v prsu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

e) Mutace změní aminokyseliny v proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

f) Mutace způsobí změny v aminokyselinách a funkci proteinu, což zvýší riziko rakoviny prsu.

12a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

13. Vaše svalové, nervové a kožní buňky jsou rozdílné, protože každý buněčný typ:

a) se nachází v jiné části těla.

b) má různé funkce.

c) má v buňkách různé typy genů.

d) má v buňkách různé proteiny.

e) má stejnou DNA, ale různé proteiny.

f) aktivuje různé geny a produkuje různé proteiny.

13a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

14. Předpokládejte, že jeden gen určuje barvu kůže u žab. Co je pravdivé o genu pro barvu kůže, mRNA pro barvu kůže a proteinu pro barvu kůže u žab?

a) Gen, mRNA a protein pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla.

b) Gen, mRNA a protein pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla, nicméně barva kůže se projevuje pouze v buňkách kůže.

c) Gen, mRNA a protein pro barvu kůže se nachází pouze v kožních buňkách žab.

d) Gen a mRNA pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla, ale protein se nachází jen v kožních buňkách žab.

e) Gen pro barvu kůže se nachází ve všech buňkách žabího těla, ale mRNA a protein se nachází pouze v kožních buňkách žab.

14a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

15. Které z následujících tvrzení nejlépe popisuje buňky v našem těle?

a) Buňky jsou různé, protože jsou v různých částech našeho těla (např. v kůži, ve svalech).

b) Buňky jsou různé, protože v našem těle vykonávají různé funkce.

c) Buňky obsahují různé geny a DNA, aby mohly v našem těle vykonávat různé funkce.

d) Buňky obsahují různé proteiny, aby mohly vykonávat v našem těle různé funkce.

e) Většina buněk v našem těle obsahuje stejnou DNA, ale různé proteiny.

f) Většina buněk má stejnou DNA, ale přepisuje pro tvorbu proteinů různé geny.

15a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

16. V zárodečné buňce na schématu je pár chromozomů, který obsahuje dva různé geny. Tyto geny leží na chromozomu v těsné blízkosti a mohou být považovány za geneticky vázané. „*A*“ společně s „*a*“ reprezentují dvě různé alely (verze či varianty) jednoho genu, „*B*“ a „*b*“ reprezentují dvě rozdílné alely jiného genu. Pokud se tato buňka dělí, aby mohla dát vzniknout spermii, které jsou možné genotypy spermie?

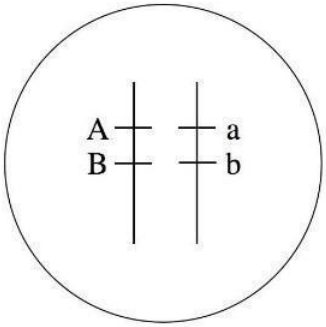
a) Pouze *A, a, B, b.*

b) Pouze *Aa, Bb.*

c) *AB, Ab, aB, ab* jsou stejně pravděpodobné.

d) Pouze *AB, ab.*

e) *AB* a *ab* jsou nejpravděpodobnější. *Ab* a *aB* jsou méně pravděpodobné, ale možné.



16a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

17. Které z následujících tvrzení nejlépe popisuje proces meiózy?

a) Znaky jsou předány a potomci tak zdědí znaky rodičů.

b) Každý rodič předá potomkům polovinu své genetické informace.

c) Každá pohlavní buňka obsahuje jednu alelu každého genu.

d) Chromozomy jsou náhodně roztříděny a každá pohlavní buňka obsahuje jednu sadu chromozomů.

e) Chromozomy si mohou vyměnit úseky a rekombinovat se, čímž se vytvoří nové kombinace genů a zvýší se genetická variabilita (různorodost).

17a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

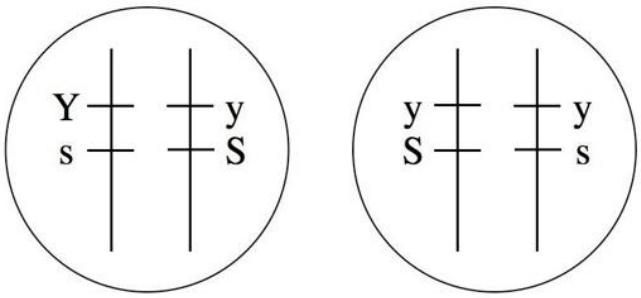
a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

18. Barva a povrch semen hrachu jsou určeny dvěma různými geny. Žlutá barva (*Y*) je dominantní nad bezbarvou (*y*). Hladký povrch (*S*) je dominantní nad zvrásněným (*s*). Předpokládejte, že tyto dva geny jsou vzájemně tak blízko, že je můžeme považovat za geneticky vázané. Zemědělec zkřížil hrách se žlutými hladkými semeny (*YySs*) s hrachem, který měl semena hladká a bezbarvá (*yySs*). Jak budou semena hrachu vypadat v nové rostlině?



a) 50% bude žlutých a hladkých, 50% bude bezbarvých a hladkých.

b) 25% bude žlutých a hladkých, 25% bude žlutých a zvrásněných, 25% bude bezbarvých hladkých a 25% bude bezbarvých a zvrásněných.

c) 3/8 budou žluté a hladké, 1/8 bude žlutá a zvrásněná, 3/8 budou bezbarvé a hladké a 1/8 bude bezbarvá a zvrásněná.

d) 25% bude žlutých a hladkých, 25% bude žlutých a zvrásněných a 50% bude bezbarvých a hladkých.

e) 1/4 bude žlutá a hladká, 1/4 bude žlutá a zvrásněná a 1/2 bude bezbarvá a hladká. Bezbarvé a zvrásněné zrno bude vzácné, ale může vzniknout.

18a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

19. Cystická fibróza (CF) je u lidí způsobena mutací v jednom genu a je děděna jako recesivní znak. Zdravý pár má dvě děti. První má CF, druhé není postiženo. Jak a proč je možné, že rodiče mají jedno dítě s CF a druhé bez?

a) Rodiče a děti mají rozdílné verze znaku pro CF. Zdravé rodiče a dítě mají jednu verzi znaku pro CF. Dítě s CF má odlišnou verzi znaku pro CF.

b) Děti mají směs znaků CF od rodičů. Nemutovaný CF znak přebije u zdravého dítěte mutovaný CF znak. Dítě s CF má dva mutované znaky, každý od jednoho rodiče. Rodiče mají oba, tedy jak nemutovaný, tak mutovaný CF znak.

c) Rodiče jsou oba přenašeči, dítě s CF obdrží jednu recesivní alelu od každého rodiče. Zdravé dítě obdrží nejméně jednu nemutovanou dominantní alelu od jednoho z rodičů.

d) Nemutované a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Dítě s CF obdrželo 2 mutované geny, které tvoří mutované proteiny, čímž vznikají znaky CF. Zdravé dítě obdrželo alespoň jeden nemutovaný gen, proto není nemocné.

e) Nemutované a mutované CF geny se liší v drobnostech, které ovlivní protein. Zdravé dítě má nejméně jeden nemutovaný gen, vznikají tak funkční proteiny. Dítě s CF má dva mutované CF geny, které oba vytváří mutované proteiny způsobující CF.

19a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

20. Někdy se zdá, že znak v rodině vymizí, a následně se objeví v pozdějších generacích. Pokud ani jeden z rodičů nemá daný znak, ale někteří jejich potomci ho mají, co soudíte o tomto znaku?

a) Členové rodiny mají různé varianty znaku. Rodiče mohou mít jednu verzi znaku, zatímco jejich potomci mohou mít jinou verzi znaku. Někdy členové rodiny, jako tety, strýcové a prarodiče, mají stejnou verzi znaku jako děti. Tak mohou znaky „přeskakovat“ generace.

b) Děti mají směs znaků zděděných od rodičů. Rodiče předají své znaky dětem, znaky se smíchají a vytvoří znaky viditelné u dětí. Děti, u kterých se znak projevil, dostaly recesivní znaky od rodičů, aby u nich tvořily daný znak.
c) Oba rodiče jsou přenašeči recesivní alely genu, resp. každý z nich má jednu dominantní a jednu recesivní alelu. Děti, u kterých se znak projevil, obdržely jednu recesivní alelu od každého z rodičů. Děti, u nichž se znak neprojevil, obdržely alespoň jednu dominantní alelu od jednoho z rodičů.
d) Znak je kódován genem, který má dvě alely lišící se malými změnami. Oba rodiče mají kopii každé z nich (dominantní a recesivní) a děti s projeveným znakem mají dvě recesivní kopie, podle kterých se tvoří proteiny recesivní alely. Děti, u nichž se znak neprojevil, mají alespoň jednu dominantní alelu.
e) Rodiče mají jednu dominantní a jednu recesivní alelu, podle kterých se tvoří dané proteiny. Pokud mají nějaký dominantní protein, recesivní znak se neprojeví. Děti s daným znakem obdržely dvě recesivní alely, podle kterých se tvoří proteiny recesivní alely a daný znak se projeví.

20a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

21. Zahradník vypěstoval rostlinu s růžovými květy tak, že křížil rostliny s bílými a červenými květy. Jak a proč byl schopen vypěstovat novou rostlinu s růžovými květy?

a) Rostliny mají rozdílné varianty znaku pro barvu korunních lístků. Je červená, bílá a růžová verze znaku pro barvu korunních lístků. Rostliny mají jednu z těchto verzí, podle které zbarví své květy.
b) Rostlina s růžovými květy obdržela znaky od obou rodičovských rostlin. Bílá rostlina dala znak pro bílou barvu a červená rostlina dala znak pro červenou barvu. Růžová barva je směs těchto dvou znaků.
c) Rostlina s růžovými květy obdržela jednu alelu od každé z rodičovských rostlin. Bílá rostlina dala alelu pro bílou barvu a červená rostlina dala alelu pro červenou barvu. Růžová barva je způsobena neúplnou dominancí, protože má jak alelu pro červenou, tak pro bílou

barvu.

d) Gen pro barvu korunních lístků může díky malým odchylkám kódovat červený nebo bílý protein. Bílá rostlina má dvě alely pro bílou barvu, proto tvoří bílé proteiny. Červená rostlina má dvě alely pro červenou barvu, proto tvoří červené proteiny. Rostlina s růžovými květy má jednu alelu od každé rodičovské rostliny.

e) Rostlina s růžovými květy má alelu pro červené a alelu pro bílé barvivo. Tyto alely se trochu liší, což umožňuje rostlině s růžovými květy tvořit oba proteiny. Růžová barva je způsobena tím, že jdou oba proteiny vidět.

21a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

22. Na obrázku jsou znázorněny tři různé organismy: chlapec, dívka a octomilka. Proč tyto tři organismy vypadají jinak?

a) Různé organismy mají různé znaky a funkce.

b) Různé organismy mají různou genetickou informaci.

c) Různé organismy mají různou genetickou informaci dokonce i mezi příslušníky jednoho druhu.

d) Organismy stejného druhu mají část DNA podobnou a část odlišnou.

e) Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé jsou stejné. Lidé a mouchy mají některé geny stejné.

f) Některé úseky DNA se liší mezi druhy a některé ne. Podobné úseky DNA kódují životně důležité věci.

22a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

23. Které tvrzení o organizmech je nejvýstižnější?

a) Organizmy mají některé znaky a funkce různé.

b) Organizmy mají část genetické informace různou.

c) Organizmy jednoho druhu mají část genetické informace různou.

d) Organizmy jednoho druhu mají část genetické informace podobnou a jinou část odlišnou.

e) Organizmy různých druhů mají část genetické informace podobnou a jinou část odlišnou.

f) Sdílená DNA kóduje životně nezbytné věci, čím je podobnější, tím je produkt genů důležitější.

23a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

24. Které tvrzení je nejvýstižnější v souvislosti s genetickými rozdíly mezi druhy a v rámci nich?

a) Rozdíly mezi druhy i v rámci jednoho druhu jsou pouze rozdílem ve znacích a funkcích organizmů.

b) Jedinci různých druhů se do určité míry liší v genetické informaci.

c) Organizmy v rámci druhu mají do určité míry rozdílnou genetickou informaci.

d) Organizmy v rámci druhu mají do určité míry podobnou genetickou informaci.

e) Některá genetická informace je podobná i v organizmech různých druhů.

f) Čím je genetická informace podobnější, tím je důležitější produkt genů.

24a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

25. Které tvrzení je nejvýstižnější v souvislosti se změnami v DNA?

a) Změny v DNA vedou ke snížení genetické variability (různorodosti) druhů.

b) Organizmy v rámci druhu jsou vzhledově odlišné, protože kvůli změnám v DNA mají DNA rozdílnou.

c) Změny v DNA mohou být pro reprodukční úspěšnost organizmu prospěšné, nebo škodlivé.

d) Změny v DNA mohou ovlivnit strukturu a funkci proteinu. Tyto změny mohou být pro reprodukční úspěšnost organizmu prospěšné, škodlivé, nebo neutrální.

e) Změny v DNA vedou ke zvýšení genetické variability (různorodosti) a k evoluci druhů v čase.

25a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

26. Skupina dospělých černých myší je přemístěna z oblasti s černými skalami do místa, kde je bílý písek. Myši se začnou rozmnožovat a jedna z narozených myší má bílou srst. Které z následujících tvrzení o bílé myši je nejvýstižnější?

a) Změna barvy srsti je způsobena genetickou variabilitou (různorodostí) myší, ale nemůže vést k evoluci myší v čase.

b) Bílá myš vypadá jinak než ostatní, protože jde o geneticky odlišný organizmus.

c) Změna barvy srsti může být pro reprodukční úspěšnost myši prospěšná, či škodlivá v závislosti na prostředí, kde žije.

d) Genetická mutace změnila strukturu nebo funkci proteinu a může být pro reprodukční úspěšnost myši prospěšná, škodlivá, nebo neutrální.

e) Změna barvy srsti je způsobena genetickou variabilitou (různorodostí) myší a vede k evoluci myší v čase.

26a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

27. Mutace v DNA nastávají v genomech většiny organizmů, včetně člověka. Jaká je nejdůležitější charakteristika těchto mutací?

a) Mutace způsobují, že jsou jedinci různých druhů odlišní. Druhy obsazují charakteristické prostředí, ve kterém žijí a mutace to mohou změnit.

b) Mutace dělají organizmy v rámci jednoho druhu odlišnými. Mutace může změnit jedince v rámci druhu.

c) Mutace způsobují změny, které mohou být prospěšné či škodlivé pro reprodukční úspěšnost organizmu.

d) Mutace mohou vést ke změnám ve struktuře či funkci proteinů, které mohou být prospěšné, škodlivé či neutrální pro reprodukční úspěšnost organizmu.

e) Mutace mohou být prospěšné, škodlivé či neutrální. Zajišťují genetickou různorodost a mohou vést k evoluci organizmů v čase.

27a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

28. Jaký efekt, pokud nějaký, má prostředí na jedince?

a) Prostředí nás neovlivňuje, nemá vliv na organizmus jako celek ani na jeho jednotlivé části.

b) Prostředí může ovlivnit naše znaky a funkce, ale nikoliv naše buňky, proteiny, či geny.

c) Prostředí může ovlivnit na naše buňky, orgány či tkáně.

d) Prostředí může způsobit mutace biomolekul (jako DNA či proteinů) v buňce.

e) Prostředí může změnit typ a množství proteinů, které následně ovlivní funkci a znaky buňky.

f) Prostředí může způsobit mutaci v genech, což změní expresi proteinů, nebo proteiny samotné.

28a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

29. Jak vědci vysvětlují vlivy genetiky a životního prostředí na komplexní znaky jako IQ a určité typy rakoviny?

a) Prostředí nemá žádný vliv na tvorbu znaků, znaky jsou určeny pouze geny.

b) Prostředí hraje hlavní roli v určování znaků, protože lidé jsou po genetické stránce z 99,9 % stejní.

c) Prostředí může ovlivnit funkci buňky, orgánu nebo tkáně, ale nemůže změnit geny.

d) Prostředí může změnit uspořádání genetické informace, čímž ovlivní znaky.

e) Prostředí může změnit typ a počet proteinů, které poté ovlivní funkci buňky a znaky.

f) Prostředí může způsobit mutaci genů, které mohou změnit strukturu nebo expresi proteinů, což ovlivní buňku a znaky.

29a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

30. Honza a Tomáš jsou šedesáti letá jednovaječná dvojčata. Honza nikdy nekouřil a Tomáš kouří od dvaceti let. Když byli mladší, lidé je od sebe nemohli rozeznat. Ovšem teď má Tomáš hodně vrásek, šedivé vlasy, kašel a rakovinu plic. Honza má méně vrásek a šedivých vlasů, nemá kašel ani rakovinu plic. Které z následujících tvrzení nejlépe vysvětluje, jak a proč se u Tomáše objevila rakovina plic, ale u jeho dvojčete ne?

a) Kouření nemá žádnou souvislost s Tomášovou rakovinou plic, příčina vzniku rakoviny je genetická.

b) Kouření způsobilo Tomášovi rakovinu plic, vrásky a kašel, protože jeho bratr tyto příznaky nemá.

c) Kouření poničilo buňky v Tomášových plicích a nashromážděný dehet způsobil přeměnu některých jeho plicních buněk na rakovinné.

d) Kouření způsobilo Tomášovu rakovinu zničením a změnou jeho DNA a genů.

e) Kouření zničilo určitý typ a počet proteinů v jeho plicních buňkách, což způsobilo Tomášovi rakovinu.

f) Kouření způsobilo mutaci genů, která změnila expresi proteinů nebo samotné proteiny, což způsobilo Tomášovi rakovinu.

30a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

31. U mladého muže se objevila rakovina kůže, která se nešíří do ostatních tkání. Mutace odpovědná za rakovinu vznikla v jediné kožní buňce. Pokud by s manželkou (která nemá rakovinu kůže) měl děti poté, co mu byla rakovina diagnostikována, která z následujících situací je nejpravděpodobnější?

a) Rakovina kůže bude předána na potomky.

b) Mutace bude předána na potomky a na další dceřiné buňky kožních buněk muže.

c) Mutace nebude předána na potomky.

d) Mutace nebude předána na potomky, ale bude předána na dceřiné kožní buňky muže.

31a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

32. U jedince po biopsii (= odběr vzorku tkáně z živého organizmu) prsu a následném vyšetření byla nalezena mutace v genu, který je spojen s rakovinou prsu. S touto mutací se jedinec již narodil. Může být tato mutace předána potomkům?

a) Mutace nemůže být předána potomkům.

b) Protože jde o znak, který byl nalezen při biopsii, může být předán na potomky.

c) Protože jde o mutaci, může být předána na potomky.

d) Protože jde o mutaci, která se nachází v pohlavních buňkách, může být předána na potomky.

e) Protože jde o mutaci, která se nachází ve všech buňkách, může být předána na potomky i dceřiné buňky jedince.

32a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

33. Martinův pes Puňta má bouli na kůži. Když ho Martin vzal k veterináři, dozvěděl se, že jeho pes má rakovinu. Veterinář mu řekl, že rakovina vznikla mutací v jedné buňce a nešířila se do dalších částí těla. Pokud by měl Puňta s fenou štěňata, zdědila by štěňata rakovinu kůže?

a) Rakovina se může dědit, takže může být předána štěňatům.

b) Mutace v DNA může být předána dceřiným kožním buňkám Puňti i na štěňata.

c) Mutace nemůže být předána štěňatům, takže rakovinu nezdědí.

d) Mutace v DNA může být předána dceřiným kožním buňkám Puňti, ale nikoliv na štěňata.

33a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

34. Jak je exprese genů regulována nebo řízena?

a) Genová exprese není regulována ani řízena.

b) Geny jsou zapnuty během vývoje a zůstávají zapnuté po celý život jedince.

c) Geny jsou zapínány a vypínány během vývoje jedince.

d) Geny jsou zapínány a vypínány v určitých stádiích života jedince.

34a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

35. Ve kterém období během života jedince se může exprese genů změnit?

a) Genová exprese se během života jedince nemění.

b) Geny se aktivují při oplození a zůstávají zapnuty po celý život jedince.

c) Genová exprese se může změnit pouze v klíčových stádiích života, jako jsou vývoj, puberta a menopauza.

d) Genová exprese se může změnit kdykoliv po oplození po celý život jedince.

35a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

36. Vědci připravili geneticky identická dvojčata myší. Myši měly k dispozici stejná terária, stejné jídlo a pití, i všechny další potřebné věci byly stejné. Po čase si vědci všimli, že myši začínají vypadat jinak. Které z následujících tvrzení nejlépe vysvětluje, proč myši začaly vypadat mírně odlišně?

a) Myši jsou geneticky identické, takže z hlediska genetiky nemohou vypadat odlišně. Určité rozdíly jsou zapříčiněny vnějšími vlivy, jako v které části místnosti jsou terária umístěna, či která z myší byla krmena jako první.

b) Geneticky identické myši mají stejnou DNA, ale aktivní jsou různé geny. Různá aktivita genů může zapříčinit změny ve vzhledu myší.

c) Geneticky identické myši mají stejnou DNA, ale geny mohou být zapínány nebo vypínány během vývoje, což způsobí odlišnosti ve vzhledu.

d) Geneticky identické myši mají stejnou DNA, ale po celý jejich život jsou aktivovány a vypínány různé geny, což způsobí odlišnosti ve vzhledu myší.

36a. Jak jste si jistí s Vaší odpovědí na tuto otázku?

a) Hádám.

b) Nejsem si jistý/jistá.

c) Jsem si jistý/jistá.

d) Jsem si hodně jistý/jistá.

Příloha 6 – Demografické otázky k testu

37. Napište, které povolání chcete vykonávat, popř. které zaměření (obor) byste rádi po gymnáziu studovali:

38. Na škále níže označte míru souhlasu s tvrzením: Pochopení zákonitostí molekulární biologie a genetiky je důležité pro můj život.

souhlasím spíše souhlasím nevím spíše nesouhlasím nesouhlasím

39. Označte, jak probíhala Vaše výuka molekulární biologie a genetiky. Můžete vybrat více možností.

výkladem vyučujícího

s použitím Powerpointové prezentace

s použitím obrázků a schémat

s použitím animací

práce s učebnicí

skupinová práce

samostudium textů

diskuze

počítání příkladů u Mendelových zákonů (počty a poměry potomků)

s použitím námi vytvořených modelů (např. DNA)

s použitím koupených modelů (např. DNA)

40. Jak dlouho (odhadem) jste se ve škole věnovali molekulární biologii a genetice?

méně než 14 dní 14 dní až měsíc déle jak měsíc tato témata jsme neprobírali

41.Zúčastnili jste se někdy přírodovědně zaměřených soutěží (olympiády, SOČ..)?

ANO

NE

42. Navštěvovali jste biologický seminář?

ANO

NE