

Przepisz, zapakuj i podaj dalej! Czego chcą od nas wirusy i po co nam szczepionki.

Konsultacje: Tomasz Ruszkowski z zespołu Heweliusze Nauki

Etap edukacji: szkoła podstawowa, klasa V

Przedmiot: Biologia

Czas trwania: 60 min

Cele operacyjne:

- Nabywa wiedzę potrzebną do odpowiedzi na pytania: Czym są wirusy? Jak są zbudowane? Jaka jest rola szczepień ochronnych?
- Wymienia rodzaje szczepionek.
- Podejmuje próbę wskazania korzyści wynikających ze szczepień ochronnych.
- Poznaje pojęcia naukowe: antygen i przeciwciało oraz zależność między nimi.
- Rozwija umiejętność myślenia krytycznego.
- Rozwija umiejętność zajmowania stanowiska w dyskusji.

Formy i metody pracy:

- praca i dywidualne,
- praca grupowa,
- wykład, dyskusja,
- rozmowa nauczająca.

Pomoce dydaktyczne:

- karteczki samoprzylepne (5 kolorów),
- koperty C6,
- nożyczki,
- wydruki załączników,
- zakreślacze (opcjonalnie).

Związek z podstawą programową:

Biologia. Cele kształcenia – wymagania ogólne

IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Uczeń:

1. Interpretuje informacje i wyjaśnia zależności przyczynowo-skutkowe między zjawiskami, formułuje wnioski;
2. Przedstawia opinie i argumenty związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi.

Klasa 5. Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Organizacja i chemizm życia. Uczeń:

4. (...), rozpoznaje podstawowe elementy budowy komórki (błona komórkowa, cytoplazma, jądro komórkowe, chloroplast, mitochondrium, wakuola, ściana komórkowa) i przedstawia ich funkcje;

II. Różnorodność życia.

2. Wirusy – bezkomórkowe formy materii. Uczeń:

- 1) uzasadnia, dlaczego wirusy nie są organizmami;
- 2) przedstawia drogi rozprzestrzeniania się i zasady profilaktyki chorób wywoływanych przez wirusy (grypa, ospa, różyczka, świnka, odra, AIDS)

Wprowadzenie:

Drogi nauczycielu, droga nauczycielko,

celem niniejszego warsztatu jest wprowadzenie uczniów w tematykę szczepień ochronnych, przy jednoczesnej realizacji założeń podstawy programowej. Zarówno jej ogólnych celów kształcenia, jak i szczegółowych wymagań.

Z założenia, warsztat powinien być przeprowadzony po poznaniu przez uczniów budowy komórki zwierzęcej, w momencie nauki o wirusach. Jednak nic nie stoi na przeszkodzie, żeby oba te wymagania zrealizować jednocześnie.

Warsztat oparty jest na dwóch filarach:

- karteczkach samoprzylepnych - metaforze szybkiego przekazania informacji, ulotnej notatki,
- białku kolca wirusa SARS-CoV-2 - konkretnej treści naukowej, spinającej ze sobą wszystkie zadania warsztatu.

Scenariusz napisany jest dla Ciebie, przez co zawiera więcej treści, niż potrzebują przyswoić uczniowie. Jednocześnie pozostawia Ci pole do decyzji, jak głęboko wejść w temat. W końcu to Ty najlepiej znasz swoich uczniów, ich zainteresowania i możliwości.

W tekście umieszczone zostały ramki: z informacjami kluczowymi do realizacji scenariusza; z propozycjami poleceń i dialogów; z ciekawostkami.

Wszystkie rysunki i tabele znajdziesz również w załącznikach. Pozwoli to na ich ew. rzucenie na ekran lub wyświetlenie na tablicy multimedialnej.

Owocnej pracy!

Przebieg zajęć:

I - WSTĘP:	10 min
-------------------	---------------

- Na tablicy zapisujemy poniższy ciąg liter (57 zasad azotowych; 19 kodonów; fragment RNA). Należy to zrobić przed lekcją tak, żeby uczniowie wcześniej go nie zobaczyli. Wygodnie, jeżeli mamy możliwość zasłonięcia naszego tekstu.

**AUG UUU GUU UUU CUU GUU UUA UUG CCA CUA GUC UCU AGU CAG UGU GUU AAU CUU
ACA**

- Lekcję rozpoczynamy **bez sprawdzenia listy obecności**, popędzając uczniów do szybkiego zajęcia swoich miejsc, ignorując ich ewentualne pytania i potrzeby. Ponaglamy i informujemy, że mamy dla nich bardzo ważne zadanie, które nie może czekać.
- Rozdajemy uczniom karteczki samoprzylepne i prosimy o szybkie zapisanie na nich ciągu liter z tablicy.



*Zadanie na szybkość. Na karteczki, które wam rozdałem/-am musicie jak najszybciej przepisać ten ciąg liter z tablicy. Kto skończy, podnosi rękę ze swoją karteczką do góry.
Uwaga. Start!*

- Osobą z uniesioną dłonią wręczamy koperty i polecamy schowanie do nich karteczki.

- Kiedy wszyscy uczniowie wykonają zadanie (możemy ich śmiało poganiać w trakcie!) dziękujemy im i wyrażamy naszą ogromną wdzięczność.



Gratulacje! Właśnie wykonaliście bezsensowną i niepotrzebną z waszego punktu widzenia pracę. Zrobiliście dokładnie to, czego od waszych organizmów oczekują atakujące was wirusy. Przepisaliście, zapakowaliście i przygotowaliście do wysłania dalej. Tylko właściwie co to było? Wrócimy do tego za chwilę.

- Czas na restart. Sprawdzamy listę obecności, podajemy wyniki kartkówki, przypominamy o projekcie na przyszły tydzień. Innymi słowy, dopiero teraz robimy wszystko to, co powinniśmy na początku lekcji.

i

Kluczowe na starcie warsztatu jest tempo. Wyjście poza ramy zwykłej lekcji i poniekąd wytrącenie uczniów z ich strefy komfortu. Nie powinni mieć czasu pomyśleć, czy zapytać co i po co robią, ale po prostu wykonać polecenie.

II - WIRUSY:

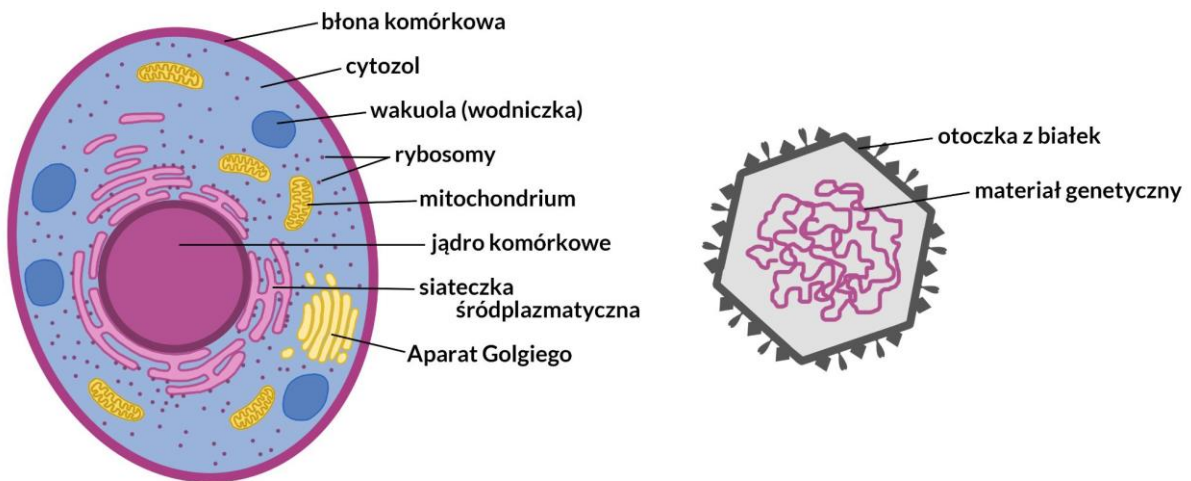
10 min

- Inicjujemy dyskusję o tym, jak rozpoczęła się lekcja. Koncentrując się na odczuciach uczniów i tym jak zastosowana forma odbiegała od normy. Jak w ich oczach zmieniła się postawa nauczyciela.



Zwróćcie uwagę, że ten nietypowy początek lekcji z karteczkami i kopertami zaburzył normalny przebieg naszych zajęć. Nie sprawdziłem/-am nawet listy obecności. To samo dzieje się z naszymi komórkami podczas infekcji wirusem. Tracą czas i energię na pracę dla wirusa, zaniedbując swoje normalne zadania.

- Na tym etapie edukacji uczniowie poznali już budowę komórki zwierzęcej i główne funkcje jej elementów. Możemy tutaj poprosić o szybkie ich wymienienie. W przypadku wirusów, mamy do czynienia z raptem dwoma składowymi ich budowy: 1) materiał genetyczny = instrukcja budowy; 2) otoczka z białek = opakowanie na instrukcje.



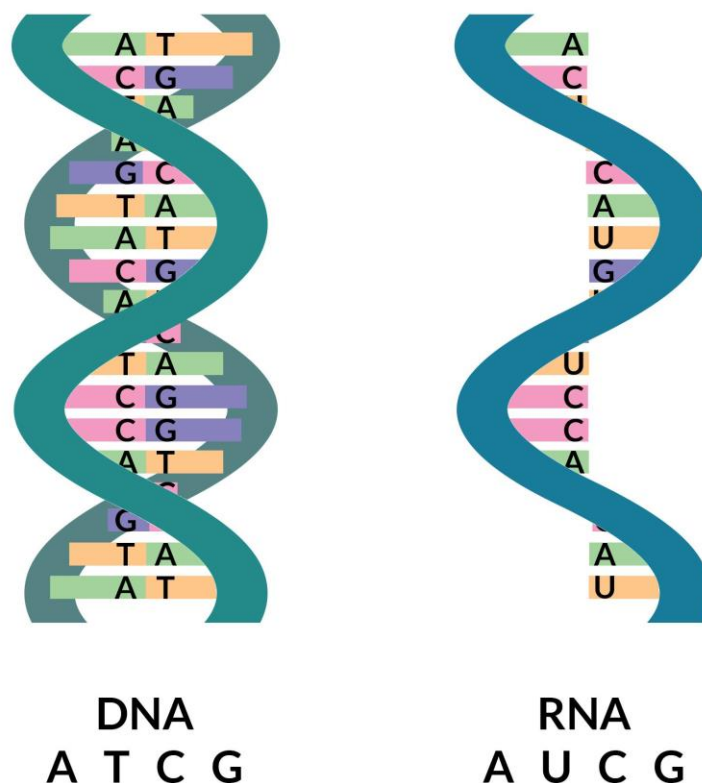
Rys. 1 - Budowa komórki zwierzęcej i wirusa.

- Każdy wirus ma tylko jeden cel: skopiować się w jak największej liczbie. Wykorzystuje do tego komórki organizmów, które infekuje. Komórka powiela materiał genetyczny/ instrukcje budowy wirusa oraz buduje nowe opakowania dla tych instrukcji.
- Ponieważ wirus sam nie potrafi się skopiować i musi w tym celu wykorzystać maszynerie i zasoby zainfekowanej komórki, nie jest uznawany za żywy organizm.
- Celem wirusa nie jest wywołanie choroby lub uśmiercenie zainfekowanej komórki/ organizmu. Wszystkie objawy chorobowe, których doświadczamy, wynikają z: 1) tego, że zainfekowane komórki "nie zajmują się" tym, czym powinny, a czas, energię i zasoby poświęcają dla wirusa; 2) odpowiedzi naszego układu odpornościowego.

III - JĘZYK DNA i RNA:

10 min

- Czas wrócić do treści przepisanej przez uczniów z tablicy.
- W polskim alfabecie mamy 32 litery (35 licząc Q, V i X):
A B C Ć D E Ę F G H I J K L Ł M N Ń O Ó P Q R S Ś T U W V X Y Z Ż Ź
- Do zapisania wszystkich informacji w naszym materiale genetycznym potrzeba raptem 4 liter:
A T C G (w DNA) i A U C G (w RNA)



Rys. 2 - Schemat budowy DNA i RNA.

- W języku polskim znajdziemy wyrazy bardzo krótkie, np. UL oraz bardzo długie, np. PIĘĆDZIESIĘCIOGROSZÓWKA. W języku DNA i RNA każdy wyraz będzie miał zawsze 3 litery.
- Liczba słów w języku polskim liczona jest w tysiącach, ale nawet Rada Języka Polskiego ucieka od odpowiedzi ile dokładnie. W języku DNA i RNA znajdziemy dokładnie 64, trzyliterowe słowa. Przy ich pomocy nasze komórki są w stanie zapisać, jak jest zbudowane i jak działa całe nasze ciało! Tego samego języka DNA i RNA używają również wirusy.
- Z tablicy uczniowie przepisali nieprzypadkowy ciąg liter, ale 57 pierwszych z 3821 liter, w których ciągu ukrywa się białko kolca (z ang. spike) wirusa SARS-CoV-2, który w 2020 r. wywołał globalną epidemię COVID-19.
- Pokazujemy uczniom *Załącznik 1*, żeby unaocznili im, ile to jest 3821 liter.

i

Pamiętajmy, że genetyka pojawia się dopiero w programie klasy VIII. Dlatego też nie rozwijamy znaczenia liter A, T, U, C, G i nie omawiamy budowy kwasów nukleinowych. Wystarczy nam porównanie do alfabetu i fakt, że komórki używają 5 liter do zapisania i przekazania wszystkich informacji.



CIEKAWOSTKA: Język komputerów jest jeszcze oszczędniejszy w liczbie znaków. Wszystkie informacje zapisane są w nim przy pomocy powtarzających się dwóch cyfr: "0" i "1", czyli w dwójkowym systemie liczbowym (systemie binarnym).

IV - OD INSTRUKCJI DO OPAKOWANIA:

10 min

- Wspomnieliśmy już, że każdy wirus składa się z dwóch elementów (1. materiał genetyczny = instrukcja budowy; 2. otoczka z białek = opakowanie na instrukcje).
- Fragment instrukcji uczniowie przepisali z tablicy, czas odczytać z niej poszczególne aminokwasy. Rozdajemy uczniom tabelki z *Załącznika 2*.

Przepisany przez was fragment instrukcji do budowy białka spike składa się z 19 wyrazów w języku RNA. Każda komórka bez problemu wiedziałaby co z tym zrobić. Wam przyda się swoista księga kodów. Spróbujcie przetłumaczyć trzyliterowe słowa na odpowiadające im wyrazy w języku polskim.

AUG UUU GUU UUU CUU GUU UUA UUG CCA CUA GUC UCU AGU CAG UGU GUU AAU CUU
ACA

- Uczniowie powinni poradzić sobie z zadaniem bez dodatkowych podpowiedzi. Poprawne tłumaczenie wygląda następująco:

metionina (start) - fenyloalanina - walina - fenyloalanina - leucyna - walina - fenyloalanina - leucyna - prolina - leucyna - walina - seryna - seryna - glutamina - cysteina - walina - asparagina - leucyna - treonina

Tabela, z której przed chwilą korzystaliście, zawiera nazwy aminokwasów - małych cegiełek, z których rybosomy budują w naszych komórkach białka, odczytując ich kolejność z instrukcji zapisanych w postaci RNA.



Uczniowie powinni zdawać już sobie sprawę z istnienia białek. Nowością będzie fakt, że białka zbudowane są z mniejszych elementów - aminokwasów. Tylko tyle i aż tyle. Możemy porównać to, chociażby do budowania z różnokolorowych / różnokształtnych klocków.

V - PRZECIWCIAŁA i ANTYGENY:

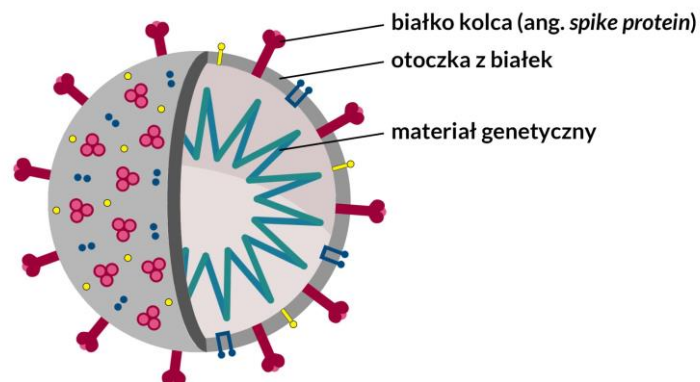
10 min

- W odpowiedzi na infekcję wirusową (również w obronie przed bakteriami, pasożytami, grzybami) układ odpornościowy organizmu wytwarza przeciwciała - specjalne białka, których zadaniem jest przyczepienie się do wybranych fragmentów wirusa, np. białek z jego otoczki. Taki związek chemiczny, z którym przeciwciała się łączy, nazywamy antygenem.
- Połączenie się przeciwciała z antygenem wirusa może uniemożliwić jego wniknięcie do wnętrza komórki oraz ułatwić jego zniszczenie przez organizm.

- Pierwsze przeciwciała otrzymujemy od matki jeszcze w trakcie ciąży, a dalej wraz z jej mlekiem. Kolejne przeciwciała nasz organizm wytwarza samodzielnie przez kontakt z patogenem. Niestety poznanie nowego czynnika chorobotwórczego i opracowanie pasującego do niego przeciwciała wiąże się najczęściej z przejściem choroby ze wszystkimi jej konsekwencjami.
- Rozdajemy uczniom wycięte z papieru szablony przeciwciał oraz antygenów z *Załącznika 3* i prosimy o ich dopasowanie do siebie (antygeny można wydrukować na przezroczystej folii, a przeciwciała na białym papierze, wówczas nie trzeba ich wycinać, a jedynie przesuwac folie po papierze).

Przeciwciała mają kształt przypominający literę Y. Na jej górnych ramionach znajdują się miejsca łączenia się z antygenem. Każde przeciwciało jest specyficzne dla konkretnego antygeny. Postarajcie się dopasować ponumerowane 1-4 przeciwciała do pasujących im antygenów oznaczonych literami A-D.

- Poprawne dopasowanie: 1-A, 2-C, 3-B, 4-D
- Białko kolca SARS-CoV-2 (fragment instrukcji przepisany przez uczniów z tablicy) znajdujące się na powierzchni wirusowej otoczki z białek (opakowania wirusa) umożliwia jego wniknięcie do komórki przez błonę komórkową. Jest więc niezbędne do zainfekowania komórki, namnażania wirusa i rozwoju choroby. Z tego powodu zostało wybrane, jako antygen użyty w szczepionkach.



Rys. 3 - Budowa wirusa SARS-CoV-2.

i

Trzy najistotniejsze fakty: 1) przeciwciało - "nasze"; 2) antygen - "obcy"; 3) białko kolca - antygen wykorzystany w szczepionce przeciw SARS-CoV-2. Relacje przeciwciało-antygen możemy porównać do pasujących do siebie puzzli.



CIEKAWOSTKA: Obecność konkretnych przeciwciał w naszej krwi oraz ich ew. podwyższony poziom wykorzystywany jest w diagnostyce. Świadczy on o przebytej lub trwającej infekcji. Może służyć do oceny skuteczności szczepionki.

VI - SZCZEPIONKI:

15 min

- Nieocenionym wsparciem dla naszego organizmu w walce z chorobami są szczepienia. Dzięki nim organizm wytwarza odpowiednie przeciwciała bez konieczności przechodzenia choroby. W przyszłości jest w stanie dużo szybciej zwalczyć np. wirusa lub wręcz uniemożliwić jego infekcje.
- Szczepionki możemy podzielić na:
 - preparaty "żywe" zawierające całe, "żywe", ale osłabione wirusy;
 - preparaty inaktywowane zawierające całe, "zabite" wirusy lub ich fragmenty;
 - preparaty najnowszej generacji zawierające informację genetyczną w postaci np. RNA (instrukcje do samodzielnej produkcji antygeny przez nasze komórki).

SZCZEPIONKA "ŻYWA"	SZCZEPIONKA INAKTYWOWANA	SZCZEPIONKA mRNA
ospa prawdziwa	wirusowe zapalenie wątroby A i B	SARS-CoV-2
grypa	grypa	gorączka Ebola
ospa wietrzna	pneumokoki	**HIV/AIDS
gruźlica	meningokoki	
odra / świnka / różyczka*	błonica / tężec / krztusiec*	

* Jedna szczepionka na trzy choroby.

** W 2022 r. rozpoczęto testy kliniczne.

- Uczniowie będą mieli do wykonania dwa zadania związane z tematyką szczepień ochronnych i nabywania odporności. Materiały zostały przygotowane w dwóch wersjach: dla grup zaszczepionych oraz niezaszczepionych. Nie informujemy o tym uczniów. Z ich punktu widzenia wszyscy wykonują to samo zadanie, na tych samych warunkach.
- Wszystkie sekwencje nukleotydowe, antygeny i przeciwciała użyte w obu zadaniach, służą jedynie do zamodelowania procesu, a ich budowa została bardzo uproszczona. Nie przedstawiają one prawdziwych związków chemicznych.
- Dzielimy uczniów na 3-4 osobowe zespoły. Najprościej jeżeli po prostu podwracają się do siebie w ramach dwóch ławek.



Przed wami dwa zadania, w których każdy zespół odegra rolę komórki broniącej się przed infekcją wirusową. Zobaczmy, kto będzie najszybszy.



W pierwszym zadaniu właściwy do obrony przed wirusem antygen wytypujecie na podstawie fragmentu instrukcji zapisanej w RNA. Podobnie jak na początku zajęć, język RNA musicie najpierw przetłumaczyć na język polski przy pomocy znanej wam już księgi kodów. Dalej wystarczy wskazać właściwy antygen z tabeli. Który? Musicie zdecydować sami.

- Rozdajemy uczniom tabele z kodonami aminokwasów (Załącznik 2), karteczki samoprzylepne z fragmentami RNA oraz tabele "choroba-antygen" (Załącznik 5a i 5b).
 - Niezaszczepieni: 5 żółtych karteczek samoprzylepnych, na każdej 5 sekwencji kodujących 5 aminokwasów, tabela z chorobami A-E oraz 5 propozycjami antygenów.
 - Zaszczepieni: 5 karteczek samoprzylepnych w 5 różnych kolorach, na każdej 1 sekwencja kodująca 5 aminokwasów, tabela z chorobami A-E w kolorach odpowiadającym ich karteczką samoprzylepny oraz 5 propozycjami antygenów (druk w kolorze albo przy pomocy zakreślaczy do papieru przy druku czarno białym).

Przykład 1z5:

Karteczka dla niezaszczepionych:

- 1) AAC UAU GCU UAU UGU
- 2) AAC UAU GUC UCU UCA
- 3) CCU CUG GUU UAU UGU
- 4) CCU CUU GUC UCU UCA

5) AAC CUU GUC UAU UCA

Karteczka dla zaszczepionych:

CCU CUU GUC UCU UCA

Fragment tabeli dla niezaszczepionych:

CHOROBA	ANTYGEN
A	1) asparagina - tyrozyna - alanina - tyrozyna - cysteina
	2) asparagina - tyrozyna - walina - seryna - seryna
	3) prolina - leucyna - walina - tyrozyna - cysteina
	4) prolina - leucyna - walina - seryna - seryna
	5) asparagina - leucyna - walina - tyrozyna - seryna

Fragment tabeli dla zaszczepionych:

CHOROBA	ANTYGEN
A	1) asparagina - tyrozyna - alanina - tyrozyna - cysteina
	2) asparagina - tyrozyna - walina - seryna - seryna
	3) prolina - leucyna - walina - tyrozyna - cysteina

	4) prolina - leucyna - walina - seryna - seryna
	5) asparagina - leucyna - walina - tyrozyna - seryna

- Oczywiście jest, że zadanie dla grup “zaszczepionych” jest banalnie (wręcz podejrzanie) proste. Sprowadza się do dopasowania elementów w tym samym kolorze. Uczniowie jednak o tym nie wiedzą.
- Grupy “zaszczepione” powinny zakończyć zadanie zdecydowanie szybciej oraz bezbłędnie wskazać właściwe antygeny. Nie czekamy na grupy “niezaszczepione”, przerywamy ich pracę, kiedy “zaszczepieni” skończą zadanie.
- Poprawne pary choroba-antygen: A-4, B-2, C-5, D-2, E-3.



Część z was miała pewne ułatwienia. Dlaczego? Ponieważ odegrała rolę komórek zaszczipiony na daną chorobę nowoczesnym preparatem mRNA.

- Przeprowadzamy z uczniami dyskusję, dlaczego “zaszczepieni” mieli łatwiej.
- *Załącznik 4* przedstawia pełną sekwencją nukleotydową SARS-CoV-2. *Załącznik 3* tylko sekwencję białka kolca wytypowanego przez naukowców do roli antygenu. Pokazanie uczniom obu sekwencji w prosty sposób obrazuje, że w szczepionce mRNA znajduje się tylko to, co istotne do nabycia odporności. Organizm nie musi poznawać całego wirusa i samodzielnie szukać najskuteczniejszego antygenu, zostaje on mu podany na tacy w postaci szczepionki.



W drugim zadaniu odwrócimy role, kto jest, a kto nie jest zaszczipiony. Na kartach znajdują się trzy rysunki wirusów (pokazujemy uczniom kartę dla grup niezaszczipionych). Trzeba je pociąć na kawałki, a następnie wyciąć przeciwciała pasujące do białek wystających z wirusowej otoczki. Uwaga! W każdym wirusie tylko JEDNO przeciwciało gwarantuje ochronę przed chorobą. Które? Znowu musicie zdecydować sami.

- Rozdajemy uczniom wydruki z wirusami i przeciwciałami (*Załącznik 6*; materiały dla “zaszczepionych” - druk w kolorze albo przy pomocy zakresłaczy do papieru przy druku czarno białym) oraz nożyczki.
 - Niezaszczepieni: wydruk z rysunkami 3 wirusów, z białkami różnych kształtów wystającymi z otoczki białkowej oraz zaznaczonymi liniami cięcia; szablon przeciwciał bez gotowego miejsca łączenia się z antygenem (uczniowie muszą samodzielnie wyciąć odpowiedni kształt).
 - Zaszczepieni: wydruk z rysunkami 3 wirusów, z białkami różnych kształtów wystającymi z otoczki białkowej oraz zaznaczonymi liniami cięcia; jedno z białek kolorowe, pozostałe czarne; szablon przeciwciał z gotowym miejscem łączenia się z antygenem, w kolorze odpowiadającym właściwemu białku (antygenowi).

- Ponownie grupy “zaszczepione” powinny zakończyć zadanie zdecydowanie szybciej oraz bezbłędnie wskazać właściwe antygeny. Nie czekamy na grupy “niezaszczepione”, przerywamy ich pracę, kiedy “zaszczepieni” skończą zadanie.
- Jeden z mitów/ obaw/ fake newsów na temat szczepionek mRNA dotyczy ryzyka modyfikacji naszego DNA przez taki preparat. Fundamenty tego, jak działają nasze komórki, mówią jasno, że nie ma takiej możliwości.



Nie bez powodu w trakcie naszych zajęć używaliśmy karteczek samoprzylepnych, kiedy mowa była o RNA. Karteczki takie zwykle służą nam do zanotowania jakiejś krótkiej informacji, a kiedy nie są już potrzebne, trafiają do kosza. Podobnie RNA traktują nasze komórki.



DNA znajdujące się w jądrze komórkowym jest bardzo cennym materiałem. Porównajmy je do pięknie wydanej, grubej książki kucharskiej, oprawionej w skórę z mosiężnymi okuciami. Można sobie wyobrazić, że przepisujemy z niej na karteczkę przepis na szarlotkę, z którą następnie idziemy do kuchni. Niewyobrażalne jest jednak dopisywanie czegoś na kartach tej książki, wykreślanie fragmentów tekstu, czy wrywanie stron.



Zasady panujące w naszych komórkach są bardzo rygorystyczne. Informacje przepisane są z DNA na RNA, “z książki na karteczkę samoprzylepną”. Szczepionka mRNA nie może zmienić naszego DNA.



Przyjęcie szczepionki pozwala organizmowi zareagować dużo szybciej w momencie infekcji. Powstrzymać lub znacząco złagodzić przebieg choroby, dzięki posiadaniu odpowiednich przeciwciał.



CIEKAWOSTKA: Wirusy grypy potrzebne do produkcji sezonowych szczepionek, hodowane są w kurzych jajkach. Hodowla taka bywa nieprzewidywalna w ilości uzyskanego materiału oraz wymaga spełnienia wielu specyficznych warunków. W dodatku praca z żywym wirusem wymaga odpowiednich środków bezpieczeństwa w laboratorium. Nowoczesne szczepionki mRNA są prostsze i bezpieczniejsze w produkcji, ponieważ w laboratoriach je wytwarzających nie pracuje się z wirusami.

Informacje/Definicje dla nauczyciela:

- DNA - kwas deoksyrybonukleinowy, organiczny związek chemiczny, u eukariontów zlokalizowany w jądrze komórkowym; nośnik informacji genetycznej.

- DNA składa się z dwóch tzw. nici, których długość w ludzkich komórkach wynosi aż 200-240 cm.
 - Każda nić zbudowana jest z cukru - deoksyrybozy, reszty fosforanowej oraz zasad azotowych.
 - Cząsteczki deoksyrybozy połączone są ze sobą resztą fosforanową. Ponadto, każda cząsteczka cukru połączona jest z jedną z czterech zasad azotowych: adeniną, tyminą, cytozyną lub guaniną.
 - Obie nici DNA związane są ze sobą przez połączenia między parami zasad azotowych: adenina - tymina oraz cytozyna - guanina.
- RNA - kwasy rybonukleinowe, grupa organicznych związków chemicznych, u eukariontów zlokalizowana głównie w jądrze komórkowym, cytoplazmie i rybosomach.
 - RNA zbudowane jest przeważnie z jednej nici, której składnikami są: cukier - ryboza, reszta fosforanowa, cztery zasady azotowe: adenina, uracyl, cytozyna i guanina.
 - RNA mają zróżnicowaną wielkość i strukturę, przez co mogą pełnić różnorodne funkcje biologiczne.
- A, T, U, C i G - pierwsze litery zasad azotowych (adenina, tymina, uracyl, cytozyna i guanina) używane m.in. do związłego zapisywania sekwencji DNA i RNA.
- Nukleotydy - organiczne związki chemiczne, stanowiące podstawowe składniki kwasów nukleinowych (np. DNA i RNA). Każdy zbudowany jest z cukru (np. deoksyrybozy lub rybozy), reszty fosforanowej oraz zasady azotowej.
- Sekwencja nukleotydowa - kolejność ułożenia czterech rodzajów nukleotydów (A, C, G, T lub A, C, G, U) w cząsteczce DNA lub RNA.
- mRNA - matrycowy RNA (z ang. *messenger RNA*). Jego funkcją jest przenoszenie z DNA informacji genetycznej o sekwencji białek do rybosomów. Po przyłączeniu się do rybosomu, z mRNA odczytywane są kodony i składane jest z aminokwasów właściwe białko.
- Kodon - sekwencja trzech nukleotydów występujących w mRNA (patrz: III - JĘZYK DNA i RNA - trzy literowe słowa; Załącznik 2), kodująca określony aminokwas w syntezie białek. Istnieją 64 kodony, z czego 61 koduje 20 podstawowych aminokwasów białkowych, a 3 odpowiadają za zakończenie syntezy białka.
- Aminokwasy - organiczne związki chemiczne, będące podstawowym składnikiem białek.
- Przeciwciało - rodzaj białka wydzielanego przez komórki plazmatyczne podczas odpowiedzi odpornościowej. Posiada zdolność łączenia się z antygenem.
- Antygen - substancja, która wykazuje antygenowość (łączy się ze specyficznym przeciwciałem) oraz immunogenność (wywołuje odpowiedź odpornościową organizmu).
- Mechanizm "zamek-klucz" - rozpoznanie i dopasowanie antygeny do przeciwciała opisywane jest zwykle jako mechanizm "zamek-klucz", gdzie przeciwciało jest zamkiem, a antygen kluczem.
- Szczepionka mRNA - do naszego organizmu trafia niewielki fragment mRNA wirusa, stanowiący instrukcje dla rybosomów do syntezy białka - antygeny, który pobudza układ odpornościowy do wytworzenia odpowiedniego przeciwciała. mRNA ze szczepionki nie ma dostępu do jądra komórkowego, nie może ono zmienić DNA naszych komórek.

- Kapsyd - otoczka białkowa wirusa ("opakowanie na instrukcje") chroniąca znajdujący się wewnątrz materiał genetyczny ("instrukcja budowy").

Załączniki:

1. Sekwencja nukleotydowa białka kolca (z ang. spike) wirusa SARS-CoV-2.
2. Tabela z kodonami aminokwasów.
3. Szablony przeciwciał i antygenów.
4. Pełna sekwencja nukleotydowa wirusa SARS-CoV-2.
5. Szczepionki Zadanie 1.
6. Szczepionki Zadanie 2.
7. Rysunek komórki zwierzęcej i wirusa.
8. Rysunek DNA i RNA
9. Rysunek wirusa SARS-CoV-2 oraz białka kolca.
10. Tabela z przykładami szczepionek.