




Znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Audiobook
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka

Wirusy opanowały całą Ziemię, a ich liczbę szacuje się na 10^{31} , choć przypuszcza się, że w rzeczywistości jest ona jeszcze wyższa. Wiedzy tej dostarczają coraz to nowe badania.

Źródło: Kanijoman, Flickr, licencja: CC BY 2.0.

W 2018 r. grupa naukowców odkryła, że każdego dnia na jeden metr kwadratowy troposfery unoszonych jest ponad 800 mln wirusów, które potem w wyniku opadów deszczu lub wraz z pyłem saharyjskim ponownie opadają na powierzchnię Ziemi. W 2019 r. odkryto prawie 200 tys. nowych gatunków wirusów w wodach oceanicznych całego świata. Prawdziwa liczba wirusów nadal nie jest w pełni poznana, ale z całą pewnością można powiedzieć, że jest ich najwięcej spośród wszystkich drobnoustrojów. Taka liczba cząstek namnażających się w komórkach żywych ma ogromne znaczenie dla życia człowieka i dla całej przyrody.

Twoje cele

- Dostrzeżesz konsekwencje chorób wirusowych dla człowieka.
- Odróżnisz rolę negatywną od roli pozytywnej wirusów dla człowieka i przyrody.
- Przeanalizujesz potencjał wirusów jako narzędzia w walce z chorobami.

Przeczytaj

Naukowcy wciąż odkrywają nowe, zaskakujące fakty dotyczące zarówno biologii wirusów, jak i ich liczby. Odkrycia te bezpośrednio przekładają się na wiedzę dotyczącą znaczenia wirusów dla przyrody oraz człowieka. Z pewnością w ciągu kolejnych lat wiedza ta zostanie zaktualizowana.

Znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka można podzielić na dwie kategorie: znaczenie negatywne oraz pozytywne.

Znaczenie negatywne

Negatywna rola wirusów w przyrodzie i dla człowieka związana jest z wywoływanymi przez nie zakażeniami. Nękają one ludzkość od tysięcy lat, będąc przyczyną zgonów i utraty zdrowia. Przekładają się także na aspekty ekonomiczne związane nie tylko z leczeniem ludzi, lecz także ze stratami w uprawie roślin i hodowli zwierząt.

Wirus grypy.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

2

Wirus odry.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Do chorób wirusowych ludzi należą m.in. odra, świnka, różyczka, grypa, gorączka krwotoczna Ebola, infekcje rotawirusowe, opryszczka pospolita, wścieklizna, kleszczowe zapalenie mózgu, ospa wietrzna czy COVID-19. Więcej na temat chorób wirusowych człowieka przeczytasz w e-materiałach 683 i 684. Choroby wywoływane przez wirusy mogą przebiegać w sposób łagodny, jednak w części przypadków ich przebieg jest ciężki i powikłany, co doprowadza do uszczerbku na zdrowiu, a nawet prowadzi do zgonu. Straty finansowe związane z chorobami wirusowymi człowieka są ogromne. Wynikają one nie tylko z bezpośrednich kosztów związanych z leczeniem, hospitalizacją i rehabilitacją, ale również z kosztów związanych z **absencją** chorego pracownika w pracy. Na poniższych infografikach możesz przeanalizować, jakie są koszty powstałe w wyniku choroby zakaźnej oraz z jakimi konsekwencjami dla pracodawcy wiąże się grypa u jego pracowników.

Koszty powstałe w wyniku choroby zakaźnej można podzielić na trzy grupy:

Bezpośrednie
Wszystkie nakłady poniesione w wyniku interwencji medycznej lub procesu leczenia danej jednostki chorobowej, np. koszty leczenia (objawowego), wizyt lekarskich, leczenia powikłań pogrypowych i inne.
Pośrednie
Niematerialne

Co więcej, przewlekłe infekcje wywołane przez wirusy onkogenne zwiększają ryzyko wystąpienia u ludzi nowotworów, które są zdecydowanie groźniejsze, a ich leczenie związane jest ze znacznie wyższymi kosztami niż w przypadku zwykłych infekcji. Więcej o wirusach onkogennych przeczytasz w e-materiale nr 686.



Czasem w przypadku zakażenia wirusem wybijane są całe hodowle zwierząt, by zapobiec rozprzestrzenianiu się choroby wirusowej. Powoduje to spadek produkcji żywności i poniesienie przez społeczeństwo związanych z tym kosztów.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Jak już wiesz, wirusy mogą zakażać nie tylko komórki ludzkie, ale także zwierzęce, roślinne i bakteryjne. W przypadku zakażenia zwierząt negatywne oddziaływanie wiąże się nie tylko z cierpieniem chorujących zwierząt, kosztami ich leczenia i możliwością przenoszenia się wirusów ze zwierząt na ludzi (np. grypa, wścieklizna), lecz także z ogromnymi kosztami w przypadku chorób wirusowych zwierząt hodowlanych. Podobnie jest w przypadku chorób wirusowych roślin – powodują one ogromne straty w przemyśle zarówno spożywczym, jak i farmaceutycznym czy kosmetycznym. Wirusy atakujące komórki

bakteryjne mogą mieć zarówno negatywne, jak i pozytywne znaczenie dla przyrody i człowieka. Bakteriofagi mogą powodować choćby wyjaławianie gleb, niszcząc korzystną bakteryjną florę glebową. Podobne oddziaływanie mają także na bakterie fermentacyjne wykorzystywane w przemyśle spożywczym i alkoholowym. Szacuje się, że bakteriofagi zabijają 20-50% populacji światowej bakterii.

Znaczenie pozytywne

Człowiek coraz częściej wykorzystuje wirusy na swoje potrzeby. Przede wszystkim dzięki postępom [wakcynologii](#) powstaje coraz więcej szczepionek przeciwwirusowych, które są najskuteczniejszą metodą zapobiegania chorobom. Wykorzystanie wirusów do tworzenia szczepionek zapobiega zachorowaniom, a także powikłaniom, przyczyniając się nie tylko do bezpośrednich korzyści w postaci zdrowszej populacji, lecz także do korzyści gospodarczych. Zapobieganie chorobom jest zdecydowanie tańsze niż ich późniejsze leczenie. W poprzednim podrozdziale poznałeś oddziaływanie chorób infekcyjnych na gospodarkę. W tym podrozdziale na podstawie danych dotyczących szczepionki przeciw grypie dowiesz się, jakich kosztów można uniknąć, zapobiegając grypie poprzez szczepienia. Więcej na temat szczepień ochronnych przeczytasz w e-materiale nr 392.

Szczepienie przeciwko grypie pozwala na zaoszczędzenie



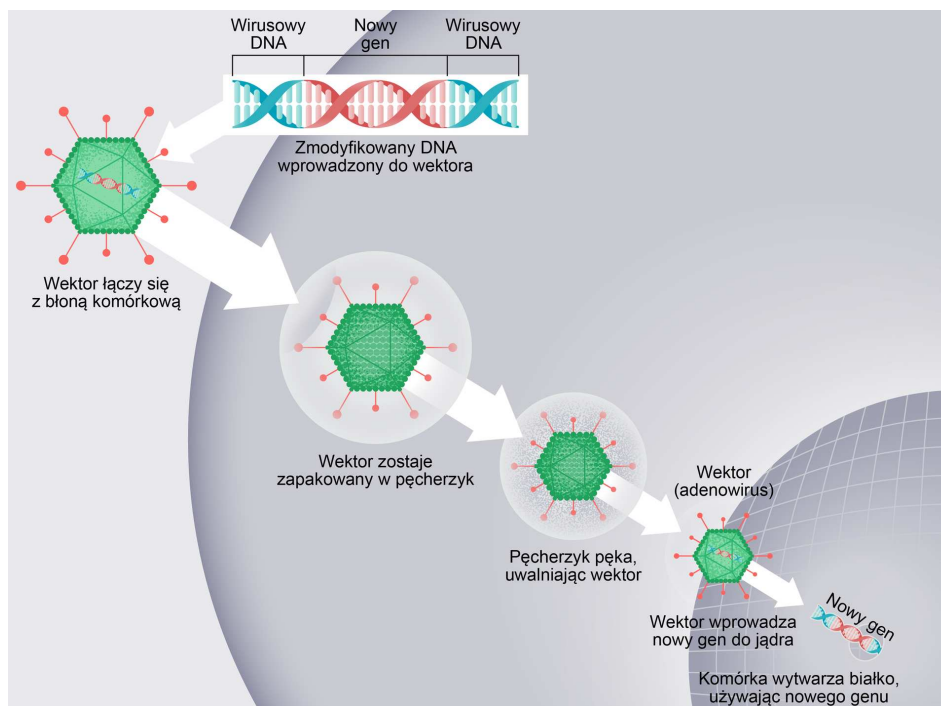
Dzięki stosowaniu szczepień ochronnych przeciw grypie w każdym sezonie infekcyjnym można ocalić tysiące istnień ludzkich oraz uniknąć kosztów rzędu milionów euro, corocznie ponoszonych w sposób bezpośredni i pośredni w wyniku zakażeń wirusami grypy.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przy rosnącej wśród bakterii antybiotykooporności wirusy stanowią alternatywną formę leczenia zakażeń bakteryjnych. Fagoterapia wciąż ma status leczenia eksperymentalnego, jednak dzięki bakteriofagom możemy już leczyć wiele infekcji bakteryjnych, na które nie ma

innego skutecznego leku. Dzięki temu, iż dany fag jest specyficzny wobec konkretnego szczepu bakteryjnego, fagoterapia nie powoduje **dysbiozy**. W Polsce istnieje Ośrodek Terapii Fagowej Centrum Medycznego Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu.

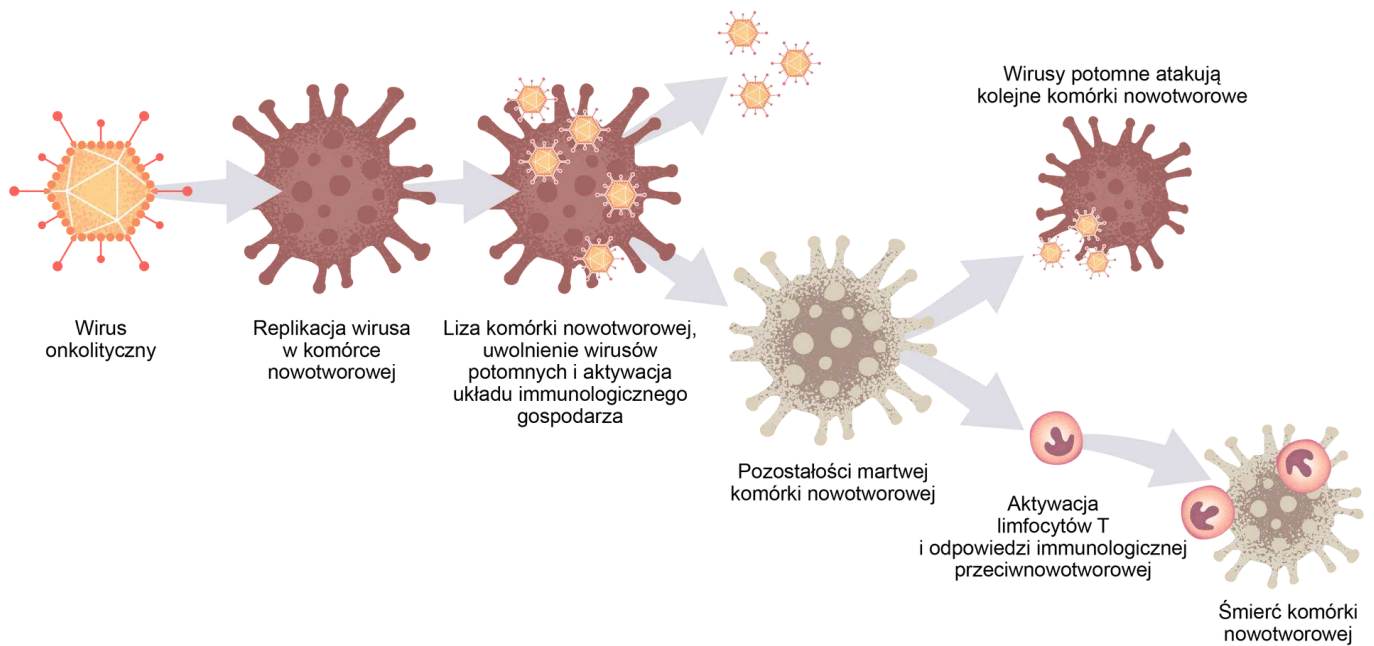
Wirusy są także wykorzystywane jako **wektory genetyczne**. Dzięki temu, iż mają zdolność infekowania komórek, mogą powodować wbudowanie własnego genomu w genom gospodarza. Człowiek wykorzystał tę właściwość do wprowadzania konkretnych genów do wybranych organizmów. Do materiału genetycznego wirusa wprowadzany jest pożądany gen, który ma za zadanie wywołanie zmiany w organizmie zakażonym przez wirusa. Takie leczenie nazywamy terapią genową i wykorzystywane jest m.in. w leczeniu niedoborów odporności, takich jak **SCID**, chorób genetycznych wywołanych przez mutacje jednogenowe, chorób układu krążenia czy chorób nowotworowych.



Przykład terapii genowej z wykorzystaniem adenowirusa jako wektora.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Terapia nowotworów z zastosowaniem wirusów onkolitycznych, czyli takich, które zabijają komórki nowotworowe, jest niezwykle ciekawym aspektem wykorzystania wirusów przez człowieka. Wirusy onkolityczne powstały samoistnie w toku ewolucji, ale też są tworzone metodami inżynierii genetycznej. Atakują one wyłącznie komórki nowotworowe, co więcej indukuje silną odpowiedź immunologiczną organizmu zakażonego, co wzmacnia walkę z nowotworem.



Działanie przeciwnowotworowe wirusów onkolitycznych związane jest z bezpośrednim zabijaniem komórek nowotworowych, a także z indukcją układu immunologicznego gospodarza, co doprowadza do zniszczenia zainfekowanych komórek nowotworowych.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Grypa jest odpowiedzialna za 12% absencji na świecie.

Okres zakaźności grypy zaczyna się już na 1-2 dni przed pojawieniem się pierwszych objawów choroby. W tym czasie dochodzi do transmisji wirusa na 5-10% współpracowników.

Po 2-3 dniach 10-20% pracowników może znaleźć się na zwolnieniu lekarskim trwającym co najmniej 3-4 dni.

Powrót pracownika do pełnej formy po chorobie zajmuje co najmniej 2 tygodnie.

U osób, które pracowały podczas grypy, stwierdzono osłabienie czasu reakcji o 20-40%. Może to powodować obrażenia lub błędy, które mogą wiązać się z kosztami dla firmy.

Słownik

absencja

nieobecność

dysbioza

zaburzenia składu, proporcji i funkcji drobnoustrojów tworzących mikrobiotę
mikrobiota

wszystkie drobnoustroje (bakterie, grzyby, wirusy i mikroskopijne eukariota) bytujące w ludzkim organizmie oraz ich geny

SCID, zespół SCID

ciężki złożony niedobór odporności (ang. *severe combined immunodeficiency*, SCID, potoczne określenia: *bubble baby disease*, *bubble boy disease*); grupa rzadkich chorób o podłożu genetycznym układu odpornościowego, objawiających się upośledzeniem odporności komórkowej i humoralnej z następową podatnością na zakażenia wirusowe, bakteryjne i grzybicze (w tym zakażenia oportunistyczne); choroba nieleczonea doprowadza do śmierci przed ukończeniem 2. roku życia

wakcynologia

dziedzina medycyny zajmująca się szczepieniami ochronnymi, zarówno badaniami naukowymi nad opracowywaniem nowych szczepionek, jak i ich późniejszym stosowaniem

wektor genetyczny

niewielka cząsteczka DNA zdolna do replikacji w komórce biorcy; podstawowe narzędzie inżynierii genetycznej; może zostać zrekombinowana przez włącznie do niej fragmentu innej cząsteczki DNA, który po wprowadzeniu do komórek gospodarza będzie w nich powielany i poddawany ekspresji; do komórek ssaków wektory można wprowadzać za pośrednictwem wirusów

Audiobook

Znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka

Wirusy, które spotyka się we wszystkich środowiskach na Ziemi, nie wykazują budowy komórkowej i funkcji życiowych, ale ich istnienie jest ściśle związane z światem organizmów.

Uważa się, że wirusy to formy pośrednie między materią nieożywioną a ożywioną. Ich specyficzne właściwości pozwoliły im przetrwać i rozprzestrzenić się po całym świecie, choć do dziś nie wiadomo na pewno, jak powstały. Hipotez jest kilka: podejrzewa się, że w trakcie ewolucji fragment materiału genetycznego wraz z białkami oddzielił się od istniejących komórek lub też cała komórka uległa drastycznemu uproszczeniu, tracąc swe elementy dla przystosowania się do pasożytnictwa wewnątrzkomórkowego.

Znaczenie wirusów utożsamia się często z występowaniem chorób, i rzeczywiście, ich obecność w środowisku jest ściśle związana z infekcjami komórek. Wyróżnia się trzy główne grupy wirusów, uwzględniając typ komórek będących dla nich gospodarzem: zwierzęce, roślinne i bakteryjne, zwane bakteriofagami. Odkryto również wirusy atakujące protisty, a nawet inne rodzaje wirusów.

Jaki jest cel ataku wirusa na inne komórki? Te cząstki zakaźne potrzebują żywej komórki, by móc namnożyć się – same nie kodują enzymów niezbędnych do replikacji materiału genetycznego. Dlatego uwalniają swoje DNA lub RNA do zaatakowanej komórki, gdzie ulega on intergracji z materiałem genetycznym gospodarza i jest wraz z nim powielany. Materiał genetyczny wirusa w takiej formie może długo przebywać w komórkach i być przekazywany komórkom potomnym zaatakowanego organizmu – taki cykl infekcyjny nazywa się cyklem lizogenicznym. Wirus może też przejść do cyklu litycznego, czyli odtworzyć cząsteczkę wirusową ze zreplikowanych fragmentów materiału genetycznego oraz wyprodukowanych przez gospodarza białek wirusowych, co końcowo prowadzi do rozpadu komórki gospodarza.

W trakcie ewolucji wirusy przyczyniły się do zdziesiątkowania – lub nawet wymarcia – populacji wielu gatunków. Analizując historię człowieka, można zaobserwować wielokrotne epidemie chorób wirusowych, które znacznie ograniczały liczebność populacji ludzkiej, jak na przykład grypa hiszpanka szalejąca w Europie w latach 1918–1919 czy czarna ospa, którą Europejczycy zawlekli na kontynent amerykański, gdzie zdziesiątkowała populację Indian.

Obecnie do najgroźniejszych dla człowieka wirusów zalicza się m.in. HIV, Ebola, SARS i MERS czy denga. Niektóre infekcje wirusowe mogą prowadzić do rozwoju nowotworów, np. wirus brodawczaka ludzkiego przyczynia się do rozwoju raka szyjki macicy. Inne, np. herpeswirusy, mogą powodować wady rozwojowe płodu i poronienia.

Wirusy atakują też inne zwierzęta, przyczyniając się do wyginięcia populacji różnych gatunków w danym siedlisku lub znacznie ograniczając ich liczebność. Powodują też duże straty w hodowlach zwierząt, np. wirus Nipah groźny dla świń, czy ptasi wirus grypy, dziesiątkujący hodowlę drobiu. Wiele wirusów atakuje też komórki roślin, przyczyniając się do niszczenia plonów, np. wirus mozaiki tytoniu.

Wirusy mogą mieć także pozytywne znaczenie: wykorzystuje się je w różnych terapiach medycznych. Szczególne znaczenie mają tutaj bakteriofagi, czyli wirusy atakujące bakterie. Komórki bakterii pod wpływem wirusów ulegają procesowi transdukcji. Polega ona na nabywaniu nowych genów z innych komórek bakterii, w czym pośredniczy właśnie cząstka wirusa. Bakteriofagi infekują komórkę bakteryjną i wprowadzają do niej swoje DNA lub RNA, które łączy się z materiałem genetycznym bakterii. Po replikacji materiał genetyczny wirusa jest wycinany z materiału gospodarza. Ten proces nie zawsze jest precyzyjny i może prowadzić do wycięcia dłuższego fragmentu nici z genami gospodarza. Jeśli taki odbudowany wirus zainfekuje inną komórkę bakterii może dojść do przekazania jej fragmentu komórki. Jeśli będzie on zawierał kompletne geny, to taka komórka bakterii może nabyć nowe cechy. Transdukcję zalicza się do mechanizmów horyzontalnego transferu genów występującego jedynie w królestwie bakterii. Zachodzi w naturalnym środowisku i coraz częściej wykorzystywana jest w laboratoriach. Naukowcy modyfikują za jej pomocą bakterie tak, by nabywały nowe, korzystne z punktu widzenia człowieka, cechy, np. umiejętność produkcji określonych związków.

Bakteriofagi wykorzystywane są też do niszczenia groźnych, opornych na antybiotyki szczepów bakterii. W celach medycznych zastosowano je po raz pierwszy w trakcie II wojny światowej w leczeniu żołnierzy chorych na czerwonkę. Bardzo ważna jest tu selektywność działania fagów – niszczą one jedynie wybrane szczepy bakterii, dzięki czemu nie są zagrożeniem dla naturalnej mikroflory człowieka.

Wirusy stosuje się też w terapiach onkologicznych do niszczenia komórek nowotworowych. Grupa wirusów onkolitycznych ma zdolność infekcji komórek nowotworowych, co prowadzi do ich rozpadu. Przykładem jest terapia leczenia czerniaka, w której zastosowano zmodyfikowane wirusy opryszczki z rodzaju Herpes. Stworzono szczepionkę T-VEC, która podawana wprost do miejsc rozwoju czerniaka oraz pobliskich węzłów chłonnych niszczy komórki tego nowotworu. Z kolei adenowirusy wykorzystuje się w leczeniu glejaka mózgu. Potencjał terapii wirusowych jest ogromny i z pewnością przyczyni się do znacznego rozwoju medycyny.




Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Polecenie 2

Polecenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1

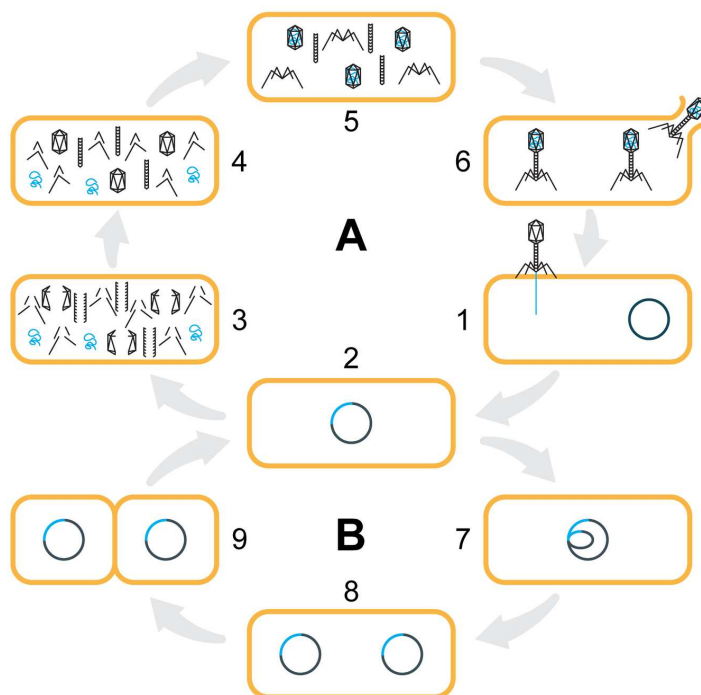


Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3

Poniższy schemat przedstawia dwa różne cykle wirusów atakujących komórki bakteryjne.



Schematy cykli wirusów.

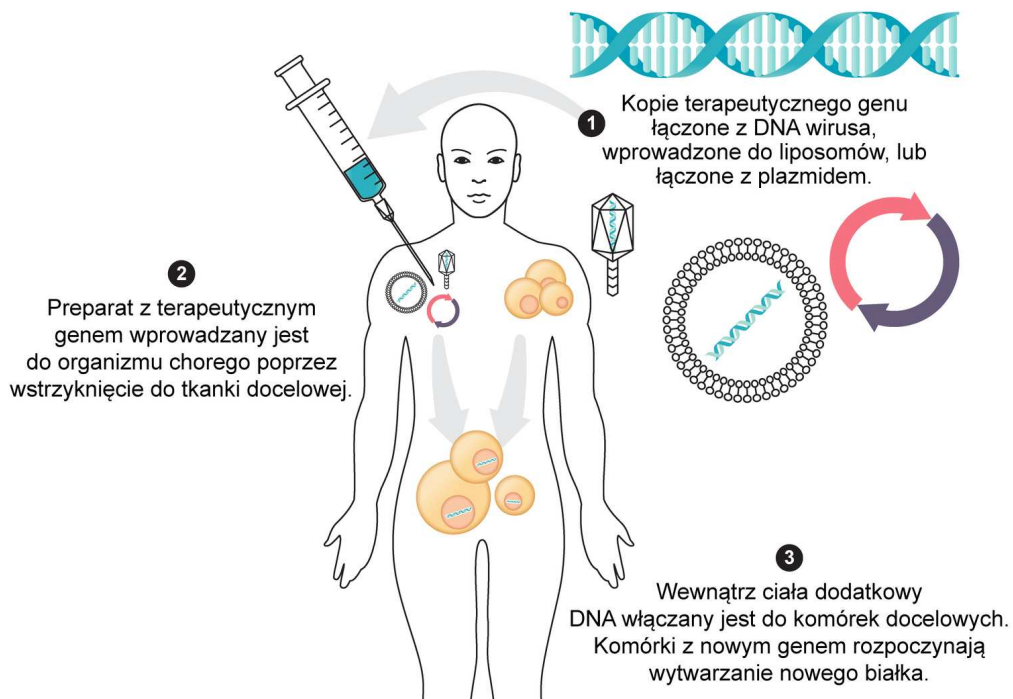
Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5

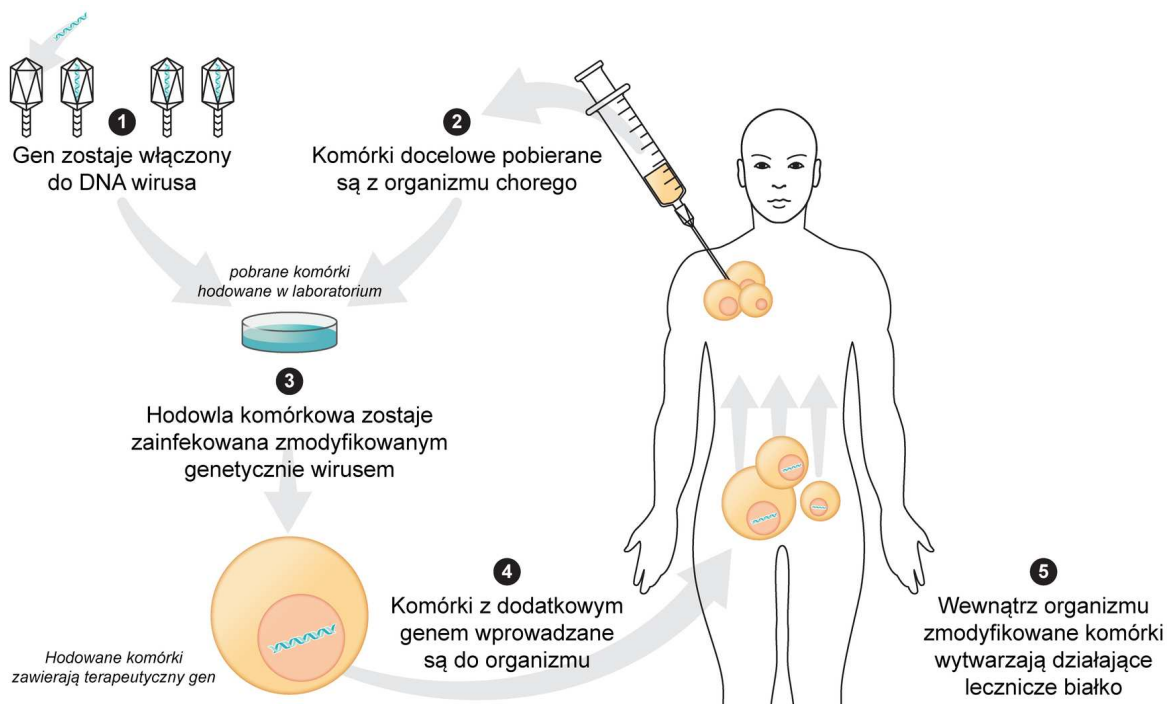
A



Schemat A.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

B



Schemat B.

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Ćwiczenie 6

„Mukowiscydoza jest chorobą monogenową (defekt genu CFTR), autosomalną recesywną, czyli ujawnia się jedynie u osób, u których oba allele genu CFTR są zmutowane.

Produktem genu jest białko CFTR, pełniące w komórce rolę kanału chlorkowego w części szczytowej komórek nabłonka wydzielniczego. Białko to odgrywa także istotną rolę jako modyfikator innych białek oraz kanałów jonowych, ponadto działa na transport ATP i wydzielanie śluzu. Znanych jest już około 1600 mutacji genu CFTR, najczęściej występuje F508del. [...] Somatyczna terapia genowa polega na wprowadzeniu do komórki prawidłowego, ulegającego ekspresji genu CFTR. Ważny jest dobór nośnika dla przenoszenia prawidłowej kopii genu CFTR. W związku z wymianą nabłonka wyściełającego drogi oddechowe przy podawaniu do płuc konieczne jest regularne powtarzanie terapii somatycznej. W prowadzonych aktualnie badaniach klinicznych I i II fazy jako nośniki wykorzystywane są rekombinowane adenowirusy, rekombinowane AAV2 (*adeno-associated virus*) oraz liposomy”.

Źródło: Sands D., *Postępy w rozpoznawaniu i leczeniu mukowiscydozy*, Postępy nauk medycznych 9/2008, s. 597-600.

Ćwiczenie 7

Bakteriofagi mogą być wykorzystywane w leczeniu infekcji bakteryjnych u ludzi i zwierząt.



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XII. Wirusy, wiroidy, priony.

1. Wirusy – pasożyty molekularne. Uczeń:

8) przedstawia znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Dostrzeżesz konsekwencje chorób wirusowych dla człowieka.
- Odróżnisz rolę negatywną od roli pozytywnej wirusów dla człowieka i przyrody.
- Przeanalizujesz potencjał wirusów jako narzędzia w walce z chorobami.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z audiobookiem;

- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 2 z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.
2. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat chorób wirusowych człowieka, zwierząt i roślin.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Uczniowie na podstawie przeczytanego e-materiału przygotowują w parach mapę myśli dotyczącą tematu zajęć. Wybrana para przedstawia wyniki swojej pracy na forum klasy.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Audiobook”).** Uczniowie zapoznają się z materiałem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie dobierają się w pary i wykonują polecenie nr 3: „Przeanalizuj potencjał wirusów jako narzędzia w walce z chorobami”. Konsultują swoje rozwiązania z inną parą uczniów i ustalają jedną wersję odpowiedzi.
2. **Praca z tekstem.** Uczniowie – na podstawie treści zawartych w e-materiale – zapisują na kartkach minimum pięć pytań do tekstu. Wybrana osoba zbiera pytania do urny. Uczniowie dzielą się na 5-osobowe grupy, losują pytania z puli i przygotowują odpowiedzi. Zespół, który jest gotowy, zgłasza się i przedstawia rezultaty swojej pracy. Pozostali uczniowie wraz z nauczycielem weryfikują poprawność odpowiedzi.

3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności. Nauczyciel zapowiada uczniom, że w kolejnym kroku będą wspólnie rozwiązywać ćwiczenia nr 7 („Bakteriofagi mogą być wykorzystywane w leczeniu infekcji bakteryjnych u ludzi i zwierząt. Uzasadnij, dlaczego bakteriofagi mogą być nieskuteczne w leczeniu infekcji pokarmowych, a są wysoce skuteczne w leczeniu infekcji ran”) i nr 8 („Bakteriofagi mają zarówno pozytywne, jak i negatywne znaczenie dla człowieka. Wymień po jednym przykładzie pozytywnego i negatywnego wpływu bakteriofagów na przemysł mleczarski”) zawarte w e-materiale z sekcji „Sprawdź się”. Wybrana osoba czyta po kolei polecenia. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie ochotnik udziela odpowiedzi. Reszta uczniów ustosunkowuje się do niej. Wszyscy sprawdzają poprawną odpowiedź. Nauczyciel w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości, dopowiada istotne informacje.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi uczniów, aby w grupach skonstruowali tabelę porównującą negatywny i pozytywny wpływ wirusów na przyrodę i życie człowieka. Grupy prezentują wykonane przez siebie tabele.
2. Nauczyciel wyświetla temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”, podsumowuje omawiany na lekcji materiał, wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 3 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie mogą wykorzystać multimedium z sekcji „Audiobook” w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej.