

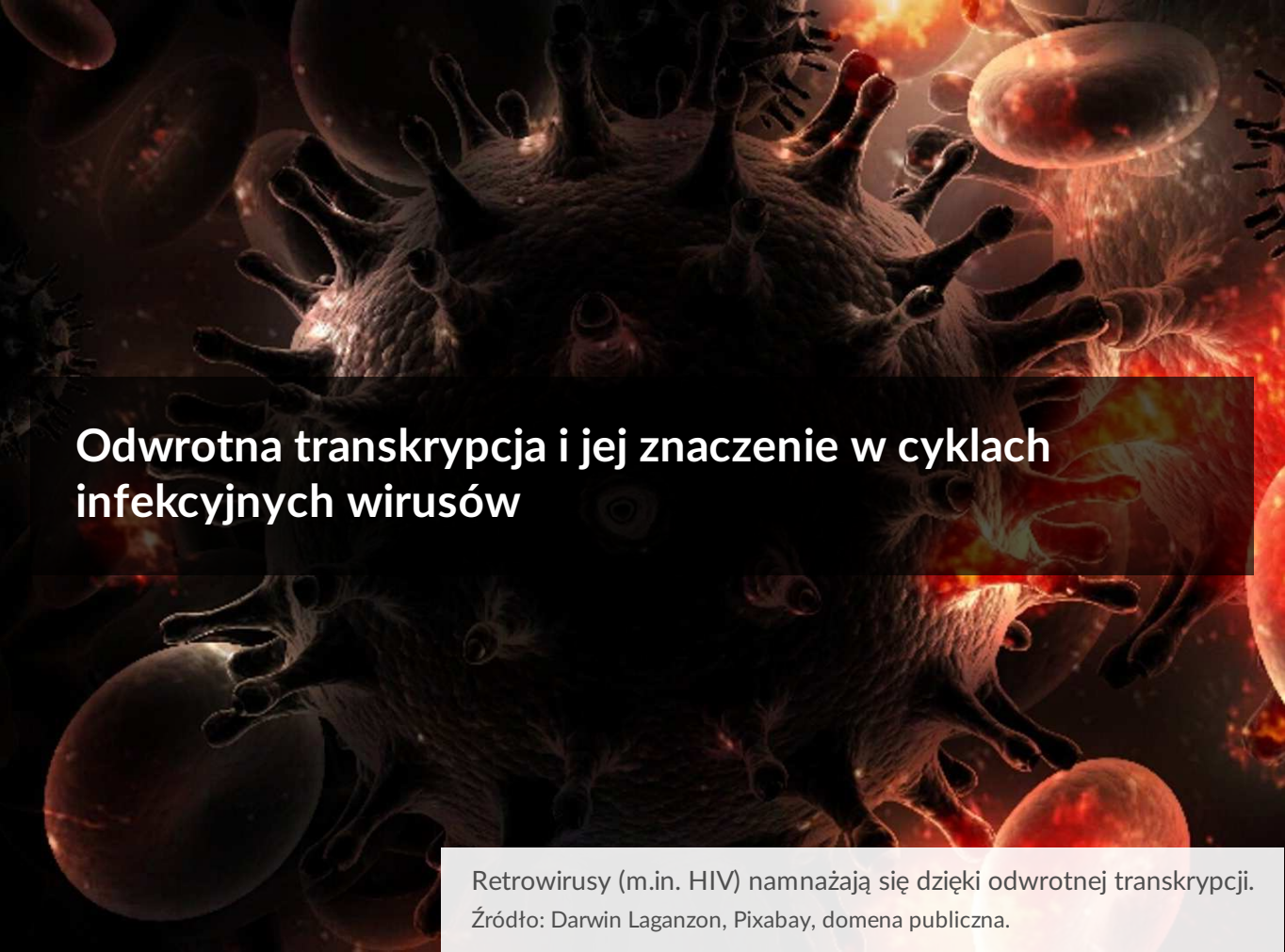


Odwrotna transkrypcja i jej znaczenie w cyklach infekcyjnych wirusów

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

Bibliografia:

- Źródło: Rola wirusów w etiopatogenezie chłoniaków nieziarniczych, Joanna Dobrzańska, Joanna Sawczuk-Chabin, Krzysztof Warzocha, tekst dostępny online: core.ac.uk.
- Źródło: Pochodzenie i zróżnicowanie genetyczne ludzkiego wirusa niedoboru odporności typu 1, Monika Ziach-Terlecka, Tomasz Wąsik, tekst dostępny online: infona.pl.



Odwrotna transkrypcja i jej znaczenie w cyklach infekcyjnych wirusów

Retrowirusy (m.in. HIV) namnażają się dzięki odwrotnej transkrypcji.
Źródło: Darwin Lagazon, Pixabay, domena publiczna.

Wirusy nie należą do organizmów żywych. Nie mają budowy komórkowej, nie przeprowadzają czynności metabolicznych i się nie rozmnażają. Po prostu trwają niczym kryształy. Jednak po zainfekowaniu komórki (bakteryjnej, roślinnej czy zwierzęcej) są w stanie wykorzystać jej metabolizm do własnych celów.

Twoje cele

- Omówisz przebieg i znaczenie ekspresji informacji genetycznej.
- Wykażesz różnice w transkrypcji DNA i RNA wirusa.
- Wyjaśnisz znaczenie odwrotnej transkrypcji dla namnażania RNA wirusów.

Przeczytaj

W przebiegu infekcji wirusowej dochodzi do **namnażania się** wirusa w komórkach gospodarza. Większość wirusów wnika w całości do wnętrza komórek organizmu. Jedynie [bakteriofagi](#) wstrzykują do komórki sam kwas nukleinowy, pozostawiając [kapsyd](#) na zewnątrz. Zainfekowana komórka często ginie, a uwolnione [wiriony](#) mogą zakażać kolejne komórki.

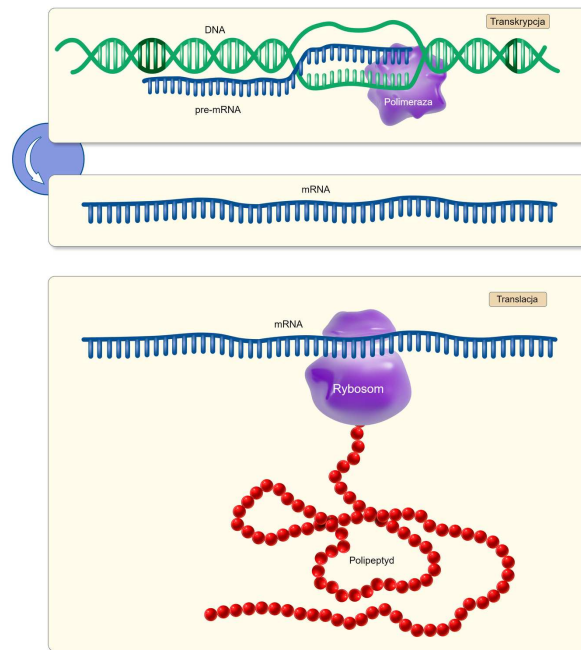
Wyróżnia się dwa podstawowe cykle infekcyjne wirusów: **cykl lityczny** i **cykl lizogeniczny**. Cykl lityczny jest stosunkowo krótkim cyklem infekcyjnym, który kończy się rozpadem (liza) komórki gospodarza. Natomiast cykl lizogeniczny nie doprowadza do śmierci komórek i polega na połączeniu materiału genetycznego wirusa z chromosomem gospodarza. Wbudowany w ten sposób wirusowy DNA ulega replikacji przed każdym podziałem komórki, a następnie trafia do kolejnych komórek organizmu.

Więcej informacji na ten temat znajdziesz w e-materiale pt. [Cykle lityczny i lizogeniczny](#).

Ciekawostka

Wiele wirusów wykazuje swoistość w odniesieniu do gatunku gospodarza, np. bakteriofag T4 atakuje wyłącznie komórki bakterii pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*).

Przebieg ekspresji informacji genetycznej w komórce eukariotycznej

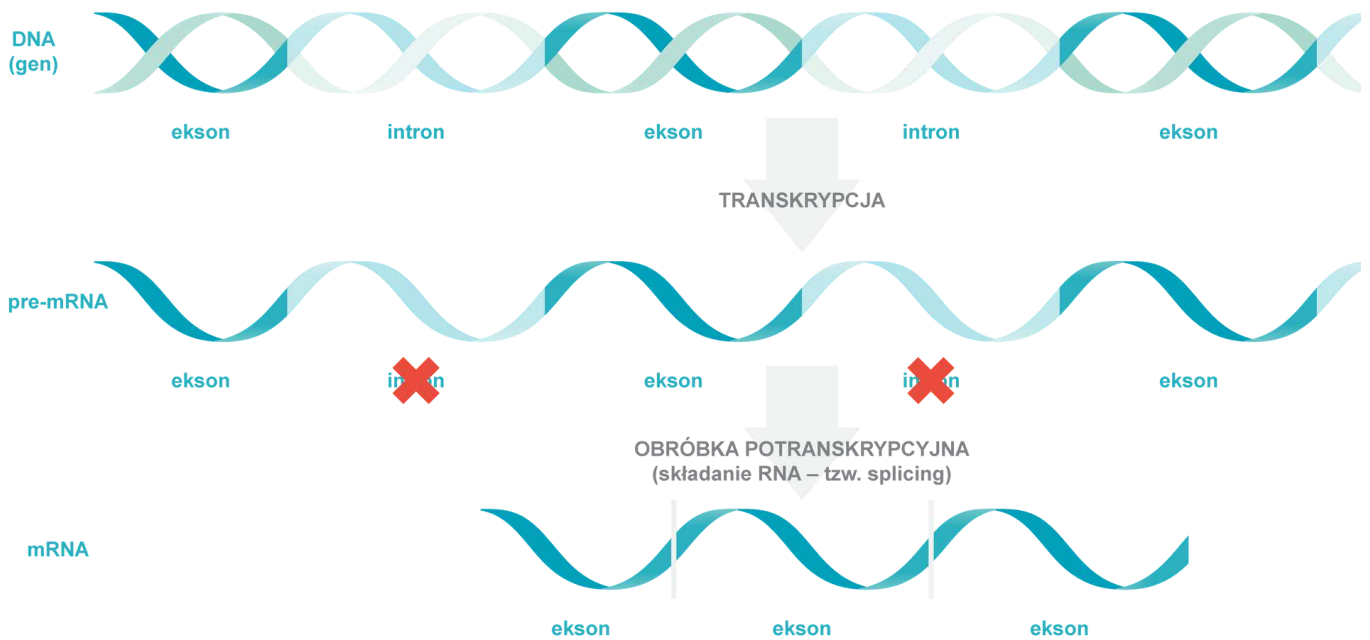


Schemat przedstawiający przebieg ekspresji informacji genetycznej.

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

DNA jest powielany w procesie **replikacji**. Replikacja zachodzi przed podziałem komórkowym (podział bakterii czy mitoza i mejoza komórek eukariotycznych). Żeby powstało białko, informacja genetyczna o jego budowie (zawarta w genach w DNA) musi zostać przepisana na RNA w procesie **transkrypcji**. Odbywa się to zgodnie z regułą **komplementarności** zasad azotowych tworzących oba kwasy nukleinowe. Proces transkrypcji jest katalizowany przez enzym **polimerazę DNA** (zwaną **transkryptazą**). Polimeraza RNA wytwarza nić RNA w oparciu o matrycową nić DNA. Powstająca nić to **pre-mRNA**.

Jak wiesz, DNA zawiera fragmenty kodujące informację o białku – **eksony** i fragmenty niekodujące – **introny**. Aby powstał mRNA, introny muszą zostać usunięte w procesie **splicingu**. Sklejone eksony, jako mRNA, zostają przeniesione z jądra do cytoplazmy, gdzie zachodzi kolejny etap ekspresji – **translacja**. Polega ona na przetłumaczeniu kolejności trójek nukleotydów (kodonów) na kolejność aminokwasów w nowo powstającym łańcuchu polipeptydowym.



Obróbka potranskrypcyjna polega m.in. na usunięciu intronów oraz sklejeniu ze sobą eksonów.

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

Przebieg ekspresji informacji genetycznej wirusowego materiału genetycznego

Przebieg ekspresji informacji genetycznej u wirusów zależy od tego, czy mamy do czynienia z wirusem zawierającym DNA, czy RNA.

Wirusy z materiałem genetycznym w postaci DNA (np. wirus ospy wietrznej i półpaśca – *Varicella zoster virus*, VZV) łączą się z powierzchnią komórki za pomocą glikoproteinowych wypustek. Wypustki te rozpoznają charakterystyczne białka receptorowe komórki. Gdy osłonka wirusa połączy się z błoną komórkową, kapsyd zostaje wprowadzony do wnętrza komórki. Po enzymatycznym strawieniu kapsydu wirusowy DNA dostaje się do jądra komórkowego, gdzie następuje replikacja DNA i transkrypcja na mRNA. Rybosomy zainfekowanej komórki przeprowadzają syntezę białek wirusa. Te agregują się wokół DNA wydzielonego z jądra wirusowego. Siateczka śródplazmatyczna szorstka produkuje glikoproteiny wirusa, które zostają przeniesione na powierzchnię błony komórkowej. Kapsyd z DNA przemieszcza się w kierunku błony i z komórki odpączkuje wirion, gotowy infekować kolejne komórki.

Materiałem genetycznym niektórych wirusów, m.in.

z rodziny **retrowirusów** (*Retroviridae*), nie jest jednak DNA, lecz **RNA**. Również w ich przypadku występują białkowe elementy osłonki rozpoznające odpowiednie receptory na błonie komórkowej, a kapsyd wprowadzany jest do komórki. Jednak sposób kopiowania informacji genetycznej nie może zachodzić według schematu: DNA – RNA – białko.

Schemat przedstawiający przebieg replikacji wirusa grypy typu A (wirusa RNA, należącego do rodziny ortomyksowirusów – łac. *Orthomyxoviridae*).

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

Odwrotna transkrypcja jako etap cyklu infekcyjnego wirusów RNA

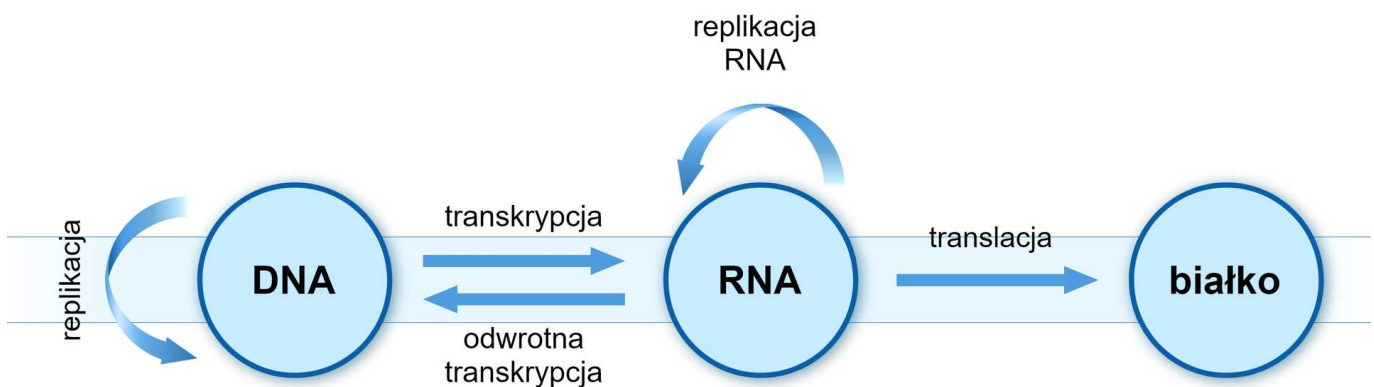
W kapsydzie retrowirusów (do których należy m.in. ludzki wirus niedoboru odporności – HIV, ang. *human immunodeficiency virus*), poza RNA, znajduje się specjalny enzym – **odwrotna transkryptaza**. Umożliwia ona wbudowanie informacji genetycznej wirusa w DNA komórki poprzez katalizowanie procesu syntezy jednoniciowego DNA w oparciu o wirusowe RNA. Dzięki temu powstaje **hybryda DNA-RNA**. Następnie rybonukleaza uwalnia nowo powstały **jednoniciowy DNA** (ssDNA – ang. *single-stranded DNA*), a polimeraza DNA syntetyzuje na ssDNA drugą, komplementarną nić. Powstaje **dwuniciowy DNA** (dsDNA – *double-stranded DNA*), który zostaje wprowadzony do jądra zainfekowanej komórki i – przy udziale enzymu **integrazy** – wbudowany do jądrowego DNA.

Dalsze etapy procesu ekspresji genetycznej przebiegają tak samo jak w przypadku wirusów DNA. Wirusowy DNA jest transkrybowany na wirusowe RNA. RNA opuszcza jądro. Rozpoczyna się synteza białek kapsydu, które agregują wokół fragmentów RNA. Tworzy się nowy wirion, który odpączkowuje, tworząc otoczkę z błony komórkowej zainfekowanej komórki.

Etapy powstawania dwuniciowej helisy wirusowego DNA.

Ciekawostka

Koronawirusy (m.in. SARS-CoV-2) zawierają materiał genetyczny w postaci pojedynczej nici RNA. Jest on rozpoznawany przez rybosomy gospodarza i bezpośrednio na jego podstawie produkowane są wirusowe białka. Jednym z najważniejszych jest **polimeraza RNA zależna od RNA**, która umożliwia replikowanie materiału genetycznego wirusa. Koronawirusy namnażają się więc bez konieczności przepisywania RNA na DNA i bez udziału odwrotnej transkryptazy.



W zależności od tego, czy wirusy zawierają materiał genetyczny w postaci DNA czy RNA, procesy ekspresji ich genów się różnią.

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

Słownik

bakteriofagi

fagi; wirusy, których naturalnym gospodarzem są bakterie; struktura bakteriofagów jest typowa dla innych wirusów – genom jest zbudowany z jedno- lub dwuniciowego DNA lub RNA, kodujących od 3 do ponad 200 białek, zawarty w kapsydie zbudowanym z jednego lub kilku rodzajów białek; cykl życiowy bakteriofagów jest podobny do innych wirusów

eksony

odcinki DNA kodujące informację o budowie białek

endosomy

pęcherzyki, wakuole lub cysterny ograniczone pojedynczą błoną śródplazmatyczną, tworzące się w procesie endocytozy i występujące w komórkach eukariotycznych

glikozylacja

łączenie węglowodanów ze związkami organicznymi (np. białkami) z wytworzeniem wiązania glikozydowego

integraza

enzym kodowany przez niektóre wirusy, katalizujący reakcję integracji dwóch różnych cząsteczek DNA

introny

odcinki DNA przepisywane w procesie transkrypcji na mRNA, ale niekodujące białek

kapsyd

białkowa osłonka kwasu nukleinowego (genomu) wirusa

odwrotna transkryptaza

enzym, polimeraza DNA zależna od RNA, przeprowadzająca reakcję odwrotnej transkrypcji

polimeraza DNA

enzym katalizujący syntezę DNA w czasie replikacji; syntetyzuje nową nić polinukleotydową, komplementarną do nici macierzystej powielanej cząsteczki DNA

retowirus

wirus należący do rodziny *Retroviridae*, którego materiałem genetycznym jest RNA; przeprowadza proces odwrotnej transkrypcji; retowirusy wywołują wiele chorób, np. AIDS, nowotwory

splicing

proces obróbki pierwotnego produktu transkrypcji prekursorowego RNA (preRNA); polega na wycinaniu odcinków RNA niekodujących białka (intronów) i łączeniu we właściwej kolejności odcinków kodujących (egzonów); w procesie tym nieciągła informacja genetyczna zawarta w DNA zostaje przekształcona w ciągłą

transkrypcja

przepisanie kolejności nukleotydów z DNA na RNA

translacja

przetłumaczenie kolejności kodonów na kolejność aminokwasów w nowo powstającym białku

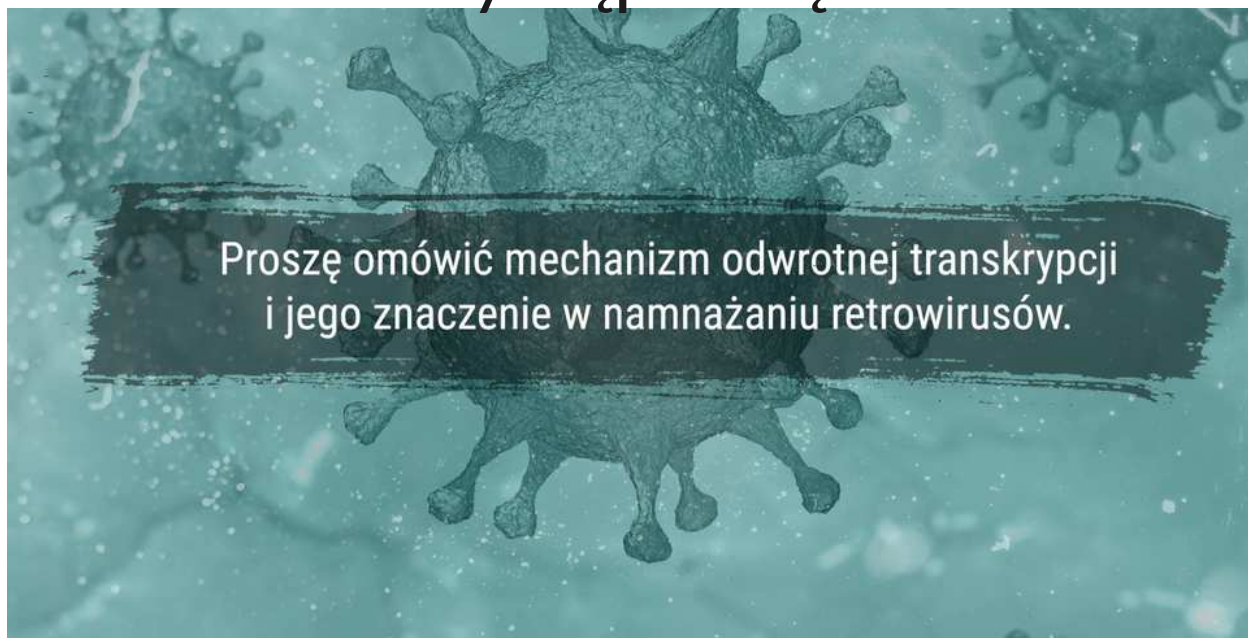
translokacja

zmiana struktury chromosomów polegająca na przemieszczeniu fragmentu z jednego chromosomu na inny chromosom niehomologiczny; do tej aberracji może dojść w wyniku pęknięcia dwóch chromosomów i ich nieprawidłowej naprawy lub przypadkowej rekombinacji pomiędzy dwoma chromosomami niehomologicznymi podczas mejozy

wirion

kompletna cząstka wirusowa o złożonej budowie; składa się z kwasu nukleinowego (DNA lub RNA), stanowiącego rdzeń, oraz otoczki białkowej, czyli kapsydu, i niekiedy z dodatkowej osłonki zewnętrznej otaczającej kapsyd

Wystąpił błąd



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RMrCZP9ZPPbEm>

Odwrotna transkrypcja i jej znaczenie w cyklach infekcyjnych wirusów.

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

Film zatytułowany: "Odwrotna transkrypcja i jej znaczenie w cyklach infekcyjnych wirusów".

Polecenie 1

Polecenie 2

Polecenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Podpisz elementy schematu przedstawiającego proces infekcji wirusowej, przeciągając w odpowiednie miejsca nazwy podane poniżej.

Ćwiczenie 7



” Ze względu na szybkie tempo replikacji, a także spontaniczne i częste mutacje w genomie HIV-1 jedną z charakterystycznych cech tego wirusa jest duża zmienność genetyczna, komplikująca diagnostykę i terapię zakażenia oraz utrudniająca prace nad zaprojektowaniem efektywnej szczepionki. (...)

Mutacje punktowe są wynikiem błędów popełnianych przez odwrotną transkryptazę w trakcie odczytu wirusowego RNA. W procesie tym krytyczny dla zjawiska zmienności jest brak mechanizmów naprawczych, ponieważ odwrotna transkryptaza nie posiada aktywności egzonukleazy 3'-5', weryfikującej poprawność wstawianych nukleotydów. (...) Mutacje takie mogą powodować rozwój lekooporności na daną grupę leków antyretrowirusowych lub zdolność ucieczki spod kontroli układu immunologicznego.

Źródło: Monika Ziach-Terlecka, Tomasz Wąsik, *Pochodzenie i zróżnicowanie genetyczne ludzkiego wirusa niedoboru odporności typu 1*, „Annales Academiae Medicae Silesiensis” 2013, t. 67(6), s. 400–409.

Ćwiczenie 8



” Wirusy onkogenne mają zdolność unieśmiertelniania komórki zakażonej, powodując jej niekontrolowaną proliferację i transformację nowotworową. W materiał genetyczny transformowanej komórki wbudowany jest cały genom wirusa, lub jego część, co powoduje modyfikacje jej funkcji biologicznych i specyficzności antygenowej. Komórka taka nabywa cech charakterystycznych dla komórek nowotworowych. Na powierzchni komórki ekspresji ulegają nowe antygeny powierzchniowe oraz następują zmiany składu cząsteczek adhezyjnych, budowy błony plazmatycznej i transportu błonowego. Komórka traci zdolność do kontaktowego zahamowania wzrostu oraz wykazuje zmniejszone zapotrzebowanie na czynniki wzrostowe.

Źródło: Joanna Dobrzańska, Joanna Sawczuk-Chabin, Krzysztof Warzocha, *Rola wirusów w etiopatogenezie chłoniaków nieziarniczych*, „Onkologia w Praktyce Klinicznej” 2006, t. 2(2), s. 64–72.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Odwrotna transkrypcja i jej znaczenie w cyklach infekcyjnych wirusów

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XII. Wirusy, wiroidy, priony

1. Wirusy – pasożyty molekularne. Uczeń:

5) wyjaśnia mechanizm odwrotnej transkrypcji i jego znaczenie w namnażaniu retrowirusów;

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):

- Omówisz przebieg i znaczenie ekspresji informacji genetycznej.
- Wykażesz różnice w transkrypcji DNA i RNA wirusa.
- Wyjaśnisz znaczenie odwrotnej transkrypcji dla namnażania RNA wirusów.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;

- praca z filmem;
- śniegowa kula;
- gra dydaktyczna.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- 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.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Odwrotna transkrypcja i jej znaczenie w cyklach infekcyjnych wirusów”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 (w którym mają za zadanie uzupełnić tekst na temat odwrotnej transkrypcji) z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel zadaje pytania:
 - Jaki jest cel infekcji wirusowej?
 - Co sprawia, że komórka zaczyna syntetyzować wirusowe białka budujące kapsyd i wirusowy DNA?Uzupełnia wypowiedzi uczniów, koryguje ewentualne błędy.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film”).** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika film. Następnie uczniowie wykonują polecenia od 1 do 3, pracując metodą kuli śniegowej. Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą opracowywać odpowiedzi indywidualnie;
 - 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą

wspólne odpowiedzi;

3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;

4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;

5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych prezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.

2. Utrwalenie wiedzy i umiejętności. Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy.

Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 4 do 7 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 3 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenie nr 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Film” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.