

Regulacja inicjacji transkrypcji

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



Regulacja inicjacji transkrypcji

Transkrypcja to proces syntezy RNA na matrycy DNA, odbywający się przy udziale polimerazy RNA.

Źródło: PublicDomainPictures, Pixabay, domena publiczna.

Złożona budowa organizmu związana jest z różnym przeznaczeniem poszczególnych komórek. Cechy te uwarunkowane są przez szereg skomplikowanych sygnałów, które precyzyjnie regulują ekspresję genów w komórkach tkanek. Mechanizmy regulacyjne sterują rozwojem zarodków w sposób powtarzalny i niezmienny, tak aby każda tkanka i każdy narząd zostały wykształcone w odpowiednim czasie oraz miejscu organizmu. Wszelkie zaburzenia tej regulacji mogą prowadzić do nieodwracalnych wad rozwojowych lub chorób, takich jak cukrzyca, choroby autoimmunologiczne, a nawet nowotwory.

Twoje cele

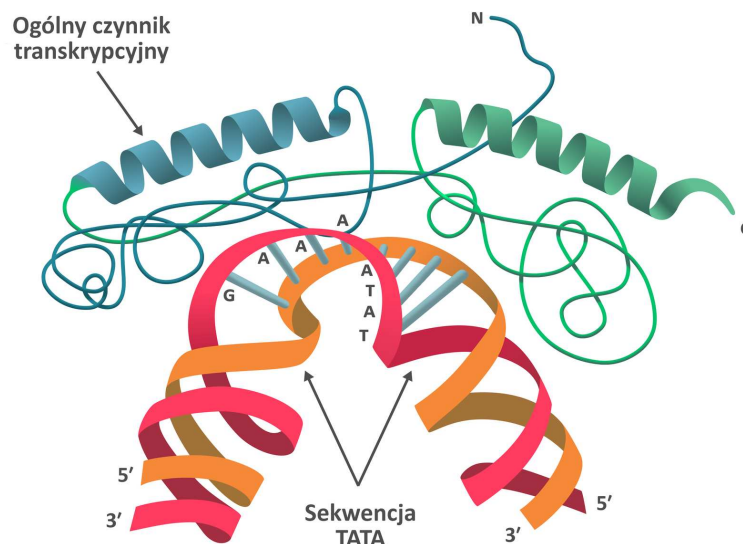
- Opiszysz, na czym polega proces regulacji inicjacji transkrypcji.
- Wyjaśnisz rolę czynników transkrypcyjnych.
- Omówisz sposób tworzenia się transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego.

Transkrypcyjny kompleks inicjacyjny

Inicjacja transkrypcji jest kluczowym etapem w ekspresji danego genu. Następuje po rozluźnieniu struktury chromatyny i polega na wiązaniu się odpowiednich białek do DNA w celu aktywacji bądź zmniejszenia poziomu transkrypcji. [Transkrypcyjny kompleks inicjacyjny](#) może zawierać nawet ok. 100 białek. W jego skład wchodzi: polimeraza RNA, ogólne [czynniki transkrypcyjne](#) oraz inne białka umożliwiające polimerazie RNA przyłączenie się do miejsca promotorowego genu.

Ogólne czynniki transkrypcyjne

W komórkach eukariotycznych transkrypcja większości genów odbywa się niezależnie od innych, ponieważ geny nie są zorganizowane w operony. Natomiast wspólnym elementem kontroli tego procesu jest konieczność obecności aktywnych białek zaliczanych do **ogólnych czynników transkrypcyjnych**. Białka te mogą łączyć się bezpośrednio ze znajdującą się w promotorze [sekwencją TATA](#), ze sobą nawzajem lub z polimerazą RNA. Oddziaływania pomiędzy nimi i DNA są niezbędne do rozpoczęcia transkrypcji. Ogólne czynniki transkrypcyjne tworzą tzw. kompleks preinicjacyjny. Z kolei występowanie **specyficznych czynników transkrypcyjnych** pozwala na regulację poziomu transkrypcji.



Struktura ogólnego czynnika transkrypcyjnego przyłączanego do sekwencji TATA.

Białko, łącząc się z sekwencją TATA, powoduje wygięcie DNA, co umożliwia polimerazie RNA odpowiednie ulokowanie się na jego nici.

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

Ciekawostka

Ogólne czynniki transkrypcyjne mające podobne właściwości zostały wyizolowane nie tylko z komórek ludzkich, ale także z wątroby szczura, zarodków muszki owocowej oraz komórek drożdży. Czynniki te wykazują między sobą wysoką zgodność, co oznacza, że ich sekwencje są do siebie podobne. Występuje zatem duży stopień konserwacji ewolucyjnej w ich obrębie – pozostają one niezmiennie lub podlegają niewielkiej zmianie. Świadczy to o ich ogromnym znaczeniu dla funkcjonowania komórki.

Specyficzne czynniki transkrypcyjne

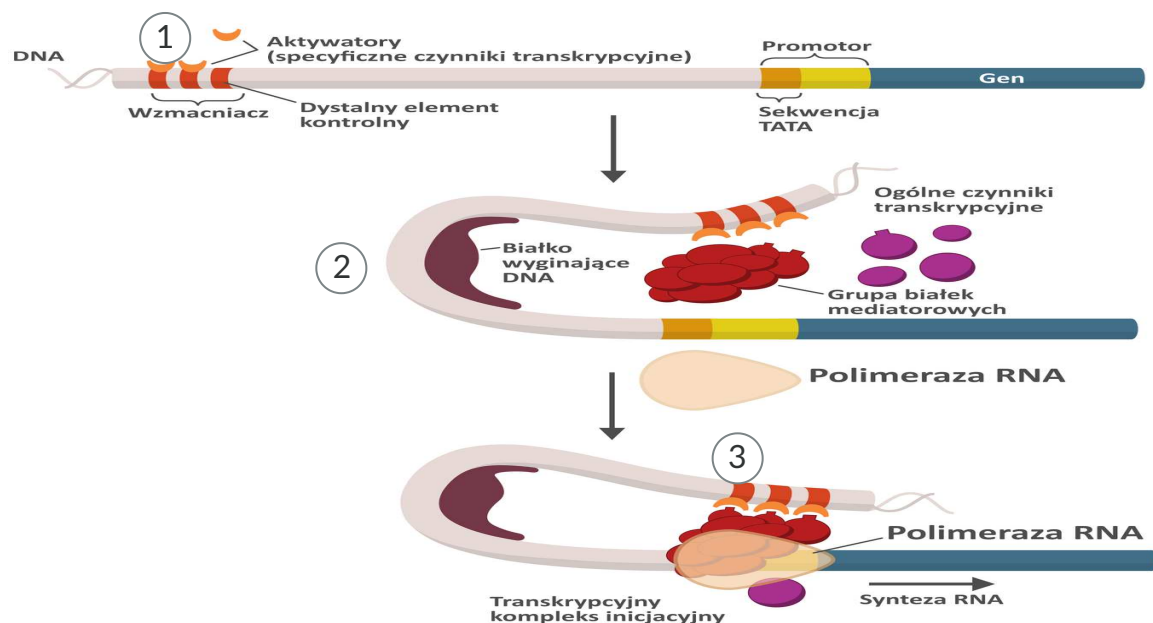
Za samą inicjację transkrypcji genów odpowiadają ogólne czynniki transkrypcyjne, natomiast przyspieszenie lub hamowanie transkrypcji możliwe jest dzięki aktywności białek należących do grupy **specyficznych czynników transkrypcyjnych**. Białka te łączą się z DNA w pobliżu promotorów albo w miejscach określanych jako dystalne elementy kontrolne, które pełnią funkcję **wzmacniaczy (enhancerów)**. Wzmacniacze mogą znajdować się tysiące nukleotydów od genu, a także wewnątrz intronów. Poszczególne geny mogą zawierać wiele wzmacniaczy, które są aktywne w różnych komórkach w różnym czasie,

a łączące się z nimi specyficzne czynniki transkrypcyjne mogą pełnić funkcję **aktywatorów** lub **represorów** transkrypcji. Przyłączone do wzmacniaczy aktywatory ułatwiają przyłączenie białka wyginającego DNA oraz wiążą się z **białkami mediatorowymi**, które z kolei oddziałują z białkami tworzącymi kompleks preinicjacyjny. Te zwielokrotnione oddziaływania między różnymi białkami regulacyjnymi pośredniczą w odpowiednim wygięciu się nici DNA, prowadząc do przyłączenia się polimerazy RNA i rozpoczęcia transkrypcji.

Natomiast białka represorowe mogą hamować syntezę mRNA poprzez:

- połączenie się ze wzmacniaczami, co blokuje wiązanie się aktywatorów do tych sekwencji DNA;
- uniemożliwienie oddziaływań pomiędzy różnymi białkami zaangażowanymi w tworzenie się transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego.

Ogólne czynniki transkrypcyjne są aktywne w komórce przez cały czas, ponieważ biorą udział w inicjacji transkrypcji wielu różnych genów. Z kolei specyficzne czynniki transkrypcyjne są aktywne tylko wtedy, kiedy komórka odbierze sygnał, który determinuje konieczność wzmocnienia lub zahamowania transkrypcji danego genu. Wiąże się to np. z zapotrzebowaniem na dane białko, które pozwoli na przetrwanie niesprzyjających warunków środowiska.



Białko wyginające DNA powoduje zbliżenie się aktywatorów do promotora genu.

Aktywatory łączą się z białkami mediatorowymi oraz ogólnymi czynnikami transkrypcyjnymi, umożliwiając przyłączenie się polimerazie RNA z promotorem.

Model tworzenia się transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego.

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

Słownik

aktywator

białko o charakterze regulacyjnym, indukujące proces transkrypcji genu

białka mediatorowe

kompleks składający się z wielu białek działających jako czynniki współuczestniczące w inicjacji transkrypcji

czynniki transkrypcyjne

białka kontrolujące poziom transkrypcji poprzez łączenie się ze specyficznymi sekwencjami DNA lub innymi białkami; dzielą się na ogólne oraz specyficzne; wśród specyficznych czynników transkrypcyjnych wyróżnia się aktywatory – pobudzające transkrypcję oraz represory – hamujące transkrypcję

represor

białko o charakterze regulacyjnym, wpływające na zahamowanie procesu transkrypcji genu

sekwencja TATA

sekwencja DNA znajdująca się w promotorze genu, stanowiąca miejsce inicjacji transkrypcji

transkrypcyjny kompleks inicjacyjny

kompleks białek niezbędny do rozpoczęcia transkrypcji genów kodujących białka, składający się z polimerazy RNA oraz ogólnych czynników transkrypcyjnych

wzmacniacze (enhancery)

krótkie segmenty DNA stanowiące miejsce przyłączania się specyficznych czynników transkrypcyjnych, aktywatorów lub represorów transkrypcji

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Klikając w poszczególne typy specyficznych czynników transkrypcyjnych, sprawdź, w jaki sposób każdy z nich reguluje inicjację transkrypcji.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dha6J9eT0>

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

Polecenie 1

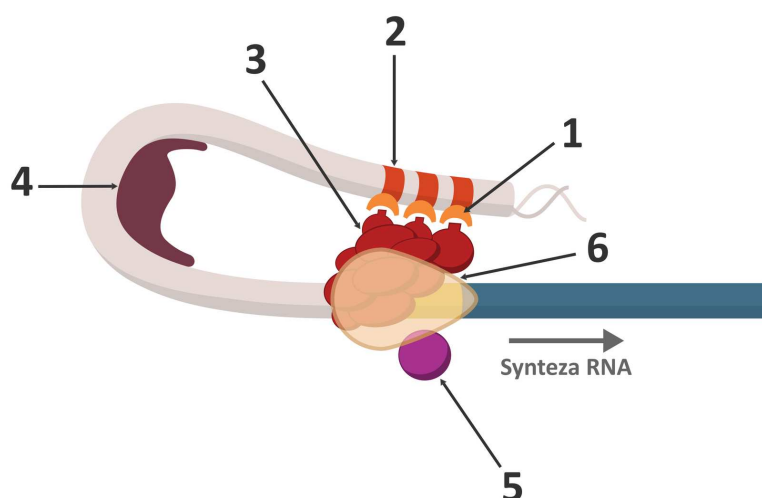
Na podstawie analizy symulacji interaktywnej oraz własnej wiedzy wyjaśnij, w jaki sposób **aktywatory** wpływają na przebieg procesu transkrypcji. Zwróć uwagę na oddziaływania aktywatorów względem **polimerazy RNA** oraz **ogólnych czynników transkrypcyjnych**.

Polecenie 2

Na podstawie analizy symulacji interaktywnej oraz własnej wiedzy wyjaśnij, w jaki sposób **represory** wpływają na przebieg procesu transkrypcji. Zwróć uwagę na oddziaływania represorów względem **polimerazy RNA** oraz **specyficznych czynników transkrypcyjnych**.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   



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

Przyporządkuj prawidłowe podpisy do elementów wchodzących w skład transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego, oznaczonych na schemacie cyframi od 1 do 6.

Numer	Podpis
1	
2	
3	
4	
5	
6	

enhancer (wzmacniacz)

białka mediatorowe

polimeraza RNA

ogólny czynnik transkrypcyjny

specyficzny czynnik transkrypcyjny

białko wyginające DNA

Ćwiczenie 2



Oceń, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
W skład transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego wchodzi m.in. polimeraza DNA oraz ogólne czynniki transkrypcyjne.	☐	☐
Ogólne czynniki transkrypcyjne mogą łączyć się ze sobą, z sekwencją DNA lub przyłączać polimerazę RNA.	☐	☐
Specyficzne czynniki transkrypcyjne są aktywne w komórce przez cały czas, a aktywność ogólnych czynników transkrypcyjnych regulowana jest przez sygnały docierające do komórki.	☐	☐

Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdania za pomocą odpowiednich wyrazów spośród podanych.

Zwiększenie poziomu transkrypcji genów eukariotycznych może zostać osiągnięte poprzez aktywność białek należących do czynników transkrypcyjnych. Białka te łączą się z w miejscach określanych jako dystalne elementy kontrolne. Za wyższy poziom transkrypcji odpowiadają . Ich aktywność jest od sygnałów docierających do komórki.

Ćwiczenie 4



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Białka represorowe (specyficzne czynniki transkrypcyjne) mogą hamować syntezę mRNA poprzez:

- ☐ degradację polimerazy RNA.
- ☐ zablokowanie translacji.
- ☐ połączenie się z enhancerami.
- ☐ przyłączenie się do sekwencji TATA.

Ćwiczenie 5



Połącz pojęcia z ich definicją.

Wzmacniacze (enhancery)

Sekwencja DNA znajdująca się w promotorze genu, stanowiąca miejsce inicjacji transkrypcji.

Czynniki transkrypcyjne

Białka kontrolujące poziom transkrypcji poprzez łączenie się ze specyficznymi sekwencjami DNA lub innymi białkami; dzielą się na aktywatory – pobudzające transkrypcję oraz represory – hamujące transkrypcję.

Białka mediatorowe

Krótkie segmenty DNA stanowiące miejsce przyłączania się specyficznych czynników transkrypcyjnych, aktywatorów lub represorów transkrypcji.

Sekwencja TATA

Kompleks składający się z wielu białek działających jako czynniki współuczestniczące w inicjacji transkrypcji.

Transkrypcyjny kompleks inicjacyjny

Kompleks białek niezbędny do rozpoczęcia transkrypcji genów kodujących białka, składający się z polimerazy RNA oraz ogólnych czynników transkrypcyjnych.

Ćwiczenie 6



Opisz sposób tworzenia się transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego.

Ćwiczenie 7



Czynniki transkrypcyjne są zaangażowane w powstawanie znacznej liczby chorób, w tym chorób nowotworowych. Wykazano, że ok. 20% onkogenów koduje właśnie czynniki transkrypcyjne. Do niedawna uważano, że nie mogą być one celem dla leków przeciwnowotworowych, jednak postęp w badaniach nad ich strukturą, funkcją oraz sposobem łączenia się z DNA zmienił ten postulat.

Zaproponuj dwa sposoby działania potencjalnych leków przeciwnowotworowych skierowanych przeciwko onkogenom będącym czynnikami transkrypcyjnymi.

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, jaką rolę odgrywają czynniki transkrypcyjne w trakcie różnicowania się komórek podczas rozwoju zarodkowego. Wskaż mechanizm regulacji poziomu czynników transkrypcyjnych w komórkach.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Regulacja inicjacji transkrypcji

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Uczeń:

9) przedstawia istotę regulacji ekspresji genów u organizmów eukariotycznych.

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):

- Opiszysz, na czym polega proces regulacji inicjacji transkrypcji.
- Wyjaśnisz rolę czynników transkrypcyjnych.
- Omówisz sposób tworzenia się transkrypcyjnego kompleksu inicjacyjnego.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- symulacja;
- mapa myśli;
- gwiazda pytań.

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;
- telefony z dostępem do internetu.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

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.** Nauczyciel prosi, by uczniowie w parach opracowali mapy myśli związane z tematem. Wybrane pary przedstawiają swoje propozycje, ochotnik zapisuje je na tablicy. Pozostali uczniowie odnoszą się do odnotowanych sugestii, uzupełniając je o swoje pomysły.

Faza realizacyjna:

1. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy, a następnie prezentuje na tablicy interaktywnej schemat „gwiazdy pytań” (zob. materiały pomocnicze). Objaśnia uczniom, w jaki sposób powinni pracować ze schematem: na podstawie e-materiału oraz innych źródeł mają opracować zagadnienie regulacji inicjacji transkrypcji, odpowiadając na pytania widniejące na schemacie. Następnie każdy zespół dopisuje pozostałe pytania i daje je do rozwiązania innej grupie. Nauczyciel sprawdza wykonanie zadania, podchodząc do każdej grupy. Koryguje ewentualne błędy. Wybrani przez nauczyciela uczniowie kolejno prezentują wyniki prac swojego zespołu.
2. **Praca z multimedium („Symulacja interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla symulację interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, sformułowali wyjaśnienie, w jaki sposób aktywatory i represory wpływają na proces transkrypcji (polecenia nr 1 i 2). Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenie interaktywne nr 7 (w którym mają za

zadanie zaproponować – na podstawie przedstawionego tekstu i własnej wiedzy – dwa sposoby działania potencjalnych leków przeciwnowotworowych skierowanych przeciwko onkogenom będącym czynnikami transkrypcyjnymi), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.

4. Uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, na czym polega wpływ czynników transkrypcyjnych w prawidłowym różnicowaniu się komórek podczas rozwoju zarodkowego, uwzględniając fakt, że czynniki transkrypcyjne są białkami kodowanymi przez odpowiednie geny), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Po jego wykonaniu następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 2 (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 ćwiczenia od 3 do 5 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.

Załącznik 1. Gwiazda pytań.

Plik o rozmiarze 70.83 KB w języku polskim

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

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