

Wymiana jądrowo-cytoplazmatyczna u eukariontów

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Film](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Wymiana jądrowo-cytoplazmatyczna u eukariontów

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

Jądro komórkowe to jeden z najważniejszych kompartmentów, czyli przedziałów komórki. W nim znajduje się DNA i odbywa się jego transkrypcja na RNA, z których cząsteczki mRNA następnie trafiają do rybosomów znajdujących się w cytoplazmie. Poprzez ekspresję rozmaitych genów, jądro odpowiada na zmieniające się warunki wewnątrz i na zewnątrz komórki. Aby mogło to robić skutecznie, musi odbierać z niej bodźce chemiczne. Dlatego też do prawidłowego funkcjonowania całej komórki, a co za tym idzie – całego organizmu, potrzebny jest sprawnie działający system transportu z jądra do cytoplazmy i w odwrotnym kierunku.

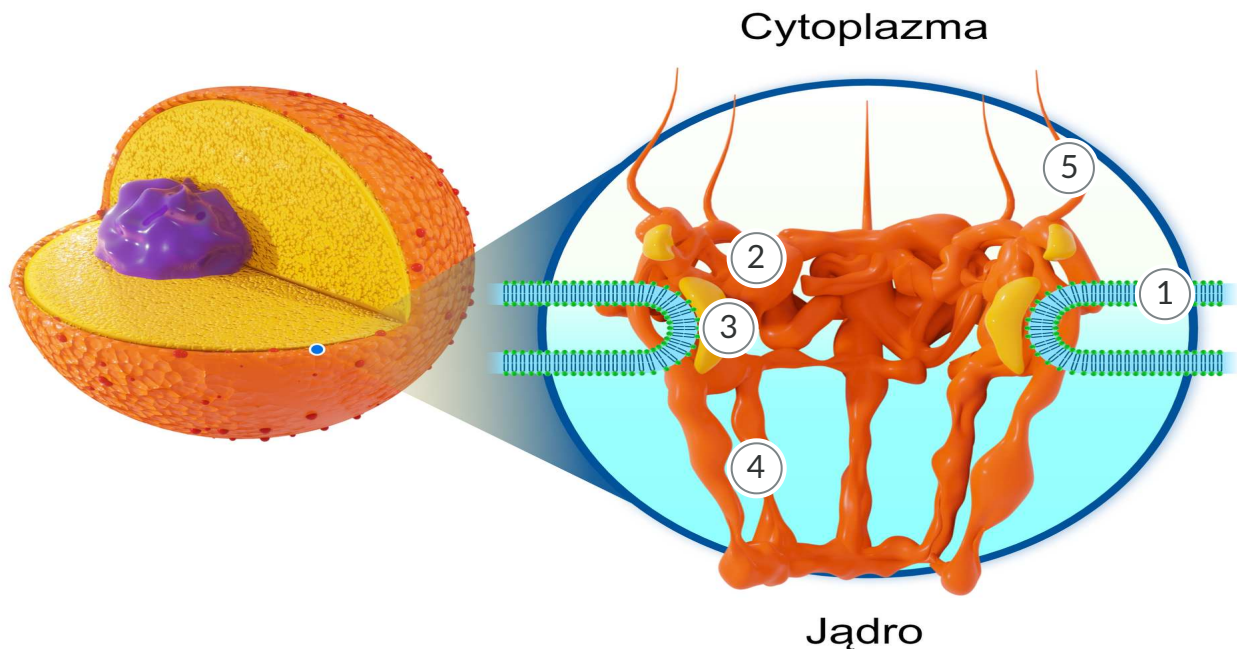
Twoje cele

- Wyjaśnisz budowę jądrowego kompleksu porowego.
- Omówisz mechanizm transportu z cytoplazmy do jądra oraz w przeciwnym kierunku.
- Wykażesz znaczenie wymiany jądrowo-cytoplazmatycznej dla komórki.

Przeczytaj

Jądro komórkowe otoczone jest podwójną błoną, w której znajduje się od kilku tysięcy do kilkudziesięciu milionów porów. Odpowiadają one za transport cząsteczek większych niż 60 kDa (kilodaltonów). Kilodaltony to jednostka masy cząsteczkowej, dla przykładu: hemoglobina ma około 66 kDa.

Por jądrowy to właściwie otwór w błonie. W otworze tym znajduje się **jądrowy kompleks porowy** (ang. NPC – *Nuclear Pore Complex*) i to jego budowa jest najbardziej istotna. NPC składa się z trzech pierścieni, które są ułożone jeden na drugim i tworzą rodzaj tunelu w poprzek dwuwarstwowej błony jądrowej. Patrząc od strony cytoplazmy, pierwszym z nich, leżącym na wysokości powierzchni błony, jest pierścień cytoplazmatyczny z ośmioma odstającymi prostopadle od błony filamentami białkowymi. Kolejnym pierścieniem, tym razem leżącym na wysokości błony, jest kompleks kanału centralnego. Buduje go osiem promieniście wpuklających się do środka segmentów. Pomędzy poszczególnymi segmentami znajdują się przerwy prawdopodobnie służące jako miejsca dyfuzji jonów i niewielkich cząsteczek. Pod kompleksem kanału centralnego – od strony jądra – znajduje się pierścień jądrowy, mający kształt koszyka.



1

Otoczka jądrowa

2

3

Segmenty kompleksu kanału jądrowego

4

Pierścień jądrowy

5

Filamenty

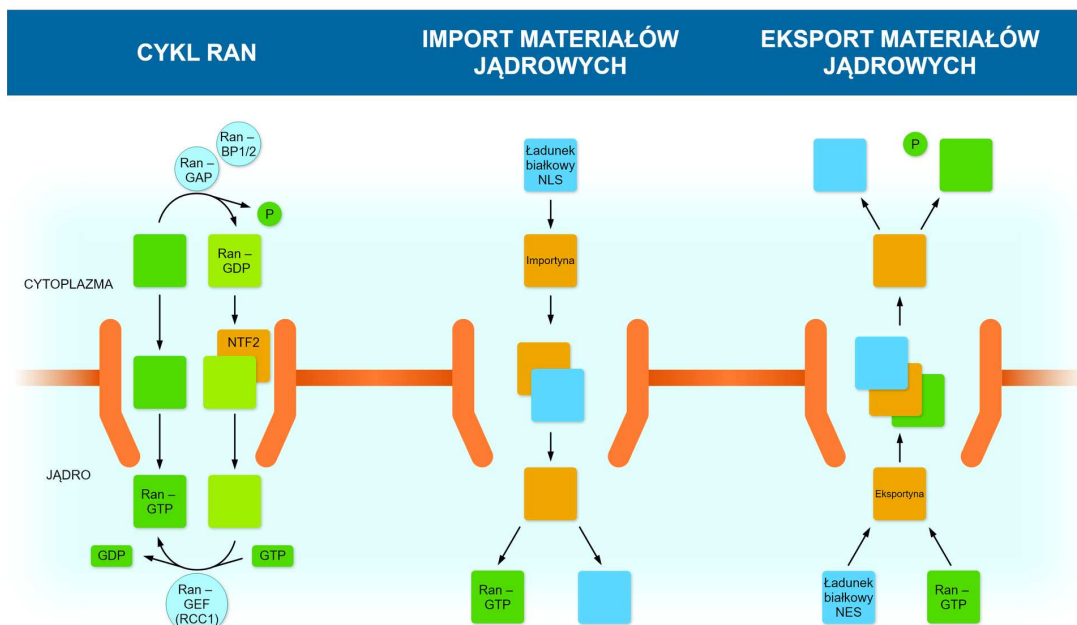
Schemat budowy porów jądrowych.

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

Import materiałów jądrowych

Małe cząsteczki mogą przepływać swobodnie w obie strony porów, ale większe potrzebują przenośników. Za transport do jądra odpowiadają białka **importyny**. Łączą się one z przenoszonymi cząsteczkami w cytoplazmie, rozpoznając sekwencję **NLS** (ang. *Nuclear Localization Sequences*). Jest to sekwencja aminokwasowa znakująca białko, które ma zostać przeniesione do jądra komórkowego. Sygnał ten składa się zazwyczaj z jednej lub więcej krótkich sekwencji dodatnio naładowanych lizyn lub arginin eksponowanych na powierzchni białka.

„Załadowany” przenośnik – importyna, przechodzi przez por jądrowy, tworząc tymczasowy kompleks ze składającymi się na niego białkami. Na terenie jądra komórkowego, pod wpływem enzymu **Ran-GTP** (ang. *Ras-related nuclear protein*), zmienia swoją konformację, a przenoszona cząsteczka zostaje odłączona. Następnie Ran-GTP odtransportowuje importynę do poru. Tam odłącza się od niego i pozostaje w jądrze, zaś przenośnik wraca do cytoplazmy. W ten sposób do jądra docierać mogą cząsteczki informujące o zagrożeniach, m.in. **stresie oksydacyjnym**. Komórka może zareagować na niebezpieczeństwo, np. rozpoczynając wytwarzanie białek mających mu zapobiec.



Schemat transportu jądrowo-cytoplazmatycznego.

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

Eksport materiałów jądrowych i cykl RAN

Eksport cząsteczek z jądra do cytoplazmy odbywa się na podobnej zasadzie, ale w przeciwną stronę. Przenośnik – w tym przypadku **eksportyna** – rozpoznaje sygnał **NES** (ang. *Nuclear Export Signal*), którym zostało oznaczone białko przeznaczone do transportu. Na terenie jądra komórkowego RanGTP wiąże się z eksportyną i białkiem. Utworzony w ten sposób kompleks wydostaje się przez pory jądrowe z jądra komórkowego. Na terenie cytoplazmy dochodzi do przekształcenia (hydrolizy) RanGTP do RanGDP, w wyniku czego kompleks rozpada się. Od tego momentu transportowana cząsteczka pozostaje na terenie cytoplazmy.

Eksportyna powraca do jądra przepływając samodzielnie przez por (mimo masy cząsteczkowej wynoszącej ok. 100 kDa), natomiast zhydrolizowana cząsteczka Ran-GTP (czyli Ran-GDP), by móc wrócić do jądra komórkowego, potrzebuje własnego przenośnika, jakim jest białko **NTF2** (ang. *Nuclear transport factor 2*). Transport Ran-GTP podlega osobnemu cyklowi RAN. W jądrze enzym RAN-GEF przyłącza do Ran-GDP resztę fosforanową, pozyskaną z guanozynotrifosforanu, tworząc Ran-GTP, a w cytoplazmie enzymy Ran-GAP i Ran-BP1/2 (ang. *RAN Binding Protein 1*), w wyniku hydrolizy, odłączają ową resztę, zaś powstały Ran-GDP wraca do jądra.

mRNA zostaje wyniesione z jądra do cytoplazmy przez wyspecjalizowaną do tego celu eksportynę, dopiero po przeprowadzeniu wszystkich modyfikacji potranskrypcyjnych, które wyjaśnione zostały w e-materiale pt. „[Modyfikacje potranskrypcyjne RNA u Eukaryota](#)”. Naukowcy nie znają wszystkich szczegółów tego procesu. Wiadomo jednak, że niektóre fragmenty nici DNA, zawierające często wykorzystywane geny, znajdują się w jądrze blisko porów. Chodzi o to, aby transport [transkryptów](#) był jak najszybszy i jak najbardziej efektywny. Mniej intensywnie wykorzystywane geny leżą głębiej w jądrze.

[tRNA](#) także syntetyzowane jest w jądrze i musi opuścić je, aby móc pełnić swoje funkcje poza nim. Odpowiadają za to wyspecjalizowane białka – eksportyny-t, które wiążą się z przenoszonymi cząsteczkami i dostarczają je na drugą stronę porów jądrowych, po czym odłączają się od nich i wracają do [nukleoplazmy](#).

Przez błonę jądrową muszą także przedostać się podjednostki rybosomów, które powstają w jąderku, ale dojrzewają w cytoplazmie – ich transport odbywa się na takiej samej zasadzie, jak w przypadku RNA, a właściwym dla nich przenośnikiem jest białko [Crm1](#) (ang. *Chromosomal Maintenance 1*).

Transport jądrowo-cytoplazmatyczny ma ogromne znaczenie dla całej komórki. Przykładem kluczowego wpływu na jej stan jest swego rodzaju „kontrola jakości” wspomnianego już tRNA. Jego cząsteczka ma w dużym uproszczeniu kształt krzyża z pętlami na końcach trzech z jego czterech ramion. Jeśli jej kształt nie będzie prawidłowy, nie będzie ona mogła przyłączyć się do białka Crm1, zatem do cytoplazmy nie zostanie dostarczony wadliwy przenośnik aminokwasów i komórka uniknie syntezy niewłaściwego białka.

Słownik

Crm1

jest głównym białkiem eksportowym ssaków, które ułatwia transport dużych makrocząsteczek, w tym RNA i białek, przez błonę jądrową do cytoplazmy

importyna

odpowiada za transport białka do jądra, rozpoznaje sygnał NLS (którym wcześniej zostało oznaczone dane białko), wiąże się do białka i transportuje je przez pory jądrowe

eksportyna

odpowiada za transport białek z jądra do cytoplazmy, rozpoznaje sygnał NES (którym wcześniej została oznaczone białko), wiąże się do białka i transportuje je na zewnątrz przez pory jądrowe

NES

(ang. *Nuclear Export Signal*) peptyd wiążący Ran-GTP i eksportynę

NPC

(ang. *Nuclear Pore Complex*) jądrowy kompleks porowy, złożony z trzech pierścieni, które tworzą tunel

nukleoplazma

mieszanina rozmaitych substancji wypełniająca jądro komórkowe, odpowiednik cytoplazmy w komórce

RaN-GTP

jedno z białek G katalizujących hydrolizę GDP do GTP

stres oksydacyjny

dostarczenie do komórki lub wydzielenie w niej wolnych rodników (głównie tlenowych), które poprzez swoją bardzo wysoką reaktywność, mogą zniszczyć strukturę chemiczną różnego rodzaju znajdujących się w komórce cząsteczek, co może upośledzić jej funkcjonowanie lub nawet doprowadzić do jej śmierci

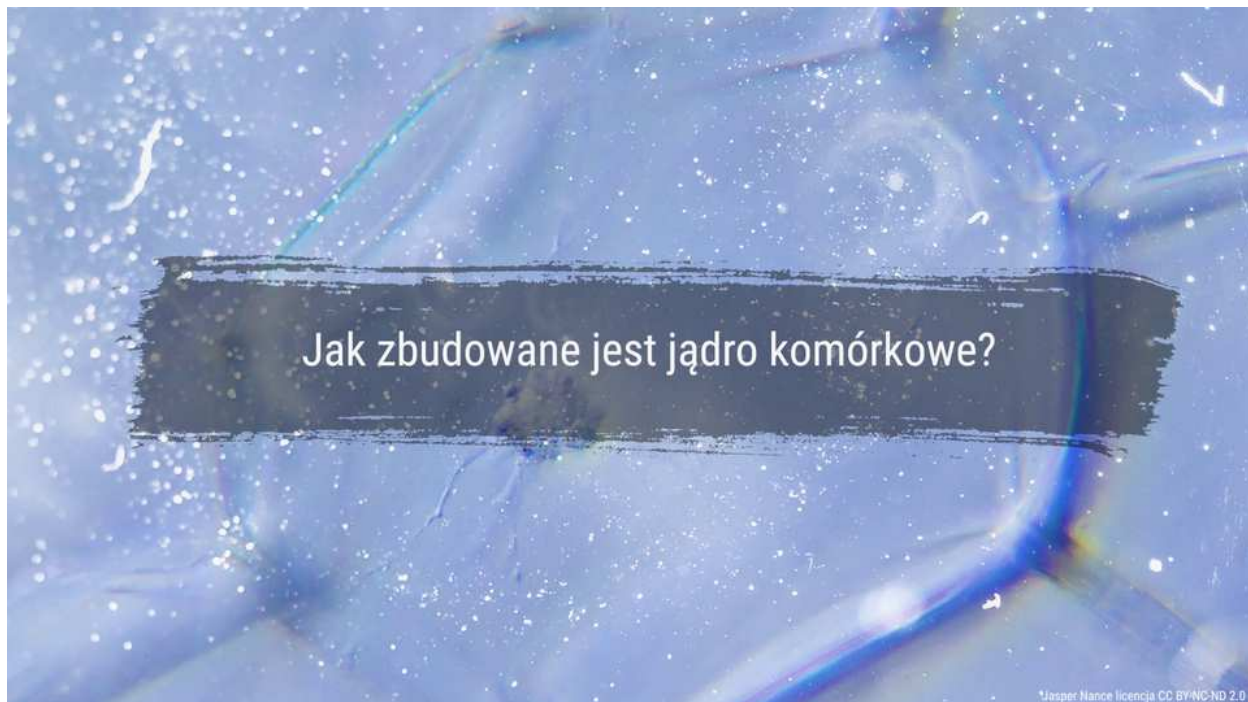
transkrypt

nić RNA stworzona poprzez przepisanie – transkrypcję – DNA

tRNA

cząsteczka RNA odpowiedzialna za przenoszenie aminokwasów; posiada w swojej strukturze antykodon, który odpowiada kodonowi kodującemu dany aminokwas

Animacja



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1GIS9Z50BUcK>

Wymiana jądrowo-cytoplazmatyczna.

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

Film nawiązujący do treści materiału pod tytułem: Jak zbudowane jest jądro komórkowe?

Polecenie 1

Wykaż rolę porów jądrowych dla funkcjonowania całej komórki. Uwzględnij ich udział w transporcie substancji.

Polecenie 2

Opisz, w jaki sposób wewnątrz jądra komórkowego komunikuje się z cytoplazmą.

W odpowiedzi uwzględnij funkcje porów jądrowych.

Film



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R4cLwCqUO1bQT>

Wymiana jądrowo-cytoplazmatyczna u eukariontów.

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

Film pod tytułem: Wymiana jądrowo-cytoplazmatyczna u eukariontów.

Polecenie 1

Wyjaśnij, na czym polega selektywność porów jądrowych. W odpowiedzi zwróć uwagę na rodzaj transportowanych cząsteczek.

Polecenie 2

Ustaw w poprawnej kolejności etapy syntezy i transportu białek mitochondrialnych i chloroplastowych. Podaj przykład takiego białka.

transport mRNA do cytoplazmy



transport białek do poszczególnych organelli



transkrypcja genów



synteza białek



Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Wymiana jądrowo-cytoplazmatyczna u eukariontów

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Uczeń:

1) porównuje genom komórki prokariotycznej i eukariotycznej;

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):

- Wyjaśnisz budowę jądrowego kompleksu porowego.
- Omówisz mechanizm transportu z cytoplazmy do jądra oraz w przeciwnym kierunku.
- Wykażesz znaczenie wymiany jądrowo-cytoplazmatycznej dla komórki.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- rozmowa kierowana;
- praca z modelem 3D;
- praca z filmem;
- mapa myśli.

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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią 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 uczniom pytanie:
 - Dlaczego do prawidłowego funkcjonowania całej komórki, a co za tym idzie – całego organizmu potrzebny jest sprawnie działający system transportu z jądra do cytoplazmy i w odwrotnym kierunku?Wybrana osoba wszystkie odpowiedzi zapisuje na tablicy.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Animacja”).** Nauczyciel wyświetla animację i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy w kontekście wymiany jądrowo-cytoplazmatycznej. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, opisali rolę porów jądrowych dla funkcjonowania całej komórki. Ochotnicy przedstawiają swoje odpowiedzi na forum klasy, a nauczyciel ocenia ich poprawność.
2. Uczniowie, pracując indywidualnie, tworzą mapy myśli dotyczące budowy jądrowego kompleksu porowego.
3. **Praca z drugim multimedium („Film”).** Uczniowie zapoznają się z materiałem. Każdy uczeń pracuje indywidualnie, samodzielnie przygotowując odpowiedzi do polecenia nr 1 („Wyjaśnij, na czym polega selektywność porów jądrowych. W odpowiedzi zwróć uwagę na rodzaj transportowanych cząsteczek”) oraz polecenia nr 2 („Ustaw w poprawnej kolejności etapy syntezy i transportu białek mitochondrialnych i chloroplastowych. Podaj przykład takiego białka”). Po wyznaczonym przez

nauczyciela czasie wybrani lub chętni uczniowie odczytują swoje propozycje.

Nauczyciel komentuje rozwiązania uczniów.

4. Uczniowie w grupach 4-osobowych opracowują schemat porządkujący informacje na temat mechanizmu transportu z cytoplazmy do jądra oraz w przeciwnym kierunku. Wybrani uczniowie omawiają schemat swojej grupy na forum klasy

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi uczniów o uzupełnienie odpowiedzi udzielonych we wstępnej fazie lekcji na temat znaczenia wymiany jądrowo cytoplazmatycznej dla komórki.

Praca domowa:

1. Dla chętnych: Wyobraź sobie, że masz okazję przeprowadzić wywiad z naukowcem – specjalistą w dziedzinie, której dotyczy e-materiał. Sformułuj pytania, które chciałbyś mu zadać.

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:

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Animacja” na lekcji „Budowa i funkcje jądra komórkowego”.