



Mitochondria – centra energetyczne komórki

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Model 3D
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Mitochondria – centra energetyczne komórki

Mitochondria otoczone są podwójną błoną białkowo-lipidową: zewnętrzną i wewnętrzną. Błona wewnętrzna tworzy charakterystyczne wpuklenia zwane grzebieniami mitochondrialnymi. Szacuje się, że łączna powierzchnia błon wewnętrznych wszystkich mitochondriów obecnych w komórce wątroby jest ok. 5 razy większa od łącznej powierzchni błon zewnętrznych i ok. 15 razy większa od powierzchni błony komórkowej.

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

W mitochondriach zachodzą różnorodne procesy metaboliczne związane z rozkładem substancji pokarmowych przy udziale tlenu. Dochodzi wówczas do uwolnienia energii skumulowanej w wiązaniach chemicznych rozkładanych związków organicznych. Energia ta jest wykorzystywana do syntezy cząsteczek ATP – uniwersalnego nośnika energii w komórce. Mitochondria uczestniczą także w innych procesach, np. w starzeniu się i programowej śmierci komórki, regulacji temperatury ciała czy w syntezie metabolitów. Jednak z uwagi na ich główną funkcję, czyli syntezę ATP, nazywane są centrami energetycznymi komórki.

Twoje cele

- Określisz rolę mitochondriów w przemianach metabolicznych komórki.
- Przedstawisz zależność między budową mitochondrium a jego rolą w oddychaniu wewnątrzkomórkowym.
- Wykażesz związek między budową ATP a procesami metabolicznymi, w których zachodzi uwalnianie energii.
- Przedstawisz znaczenie oddychania wewnątrzkomórkowego w syntezie cząsteczek ATP.

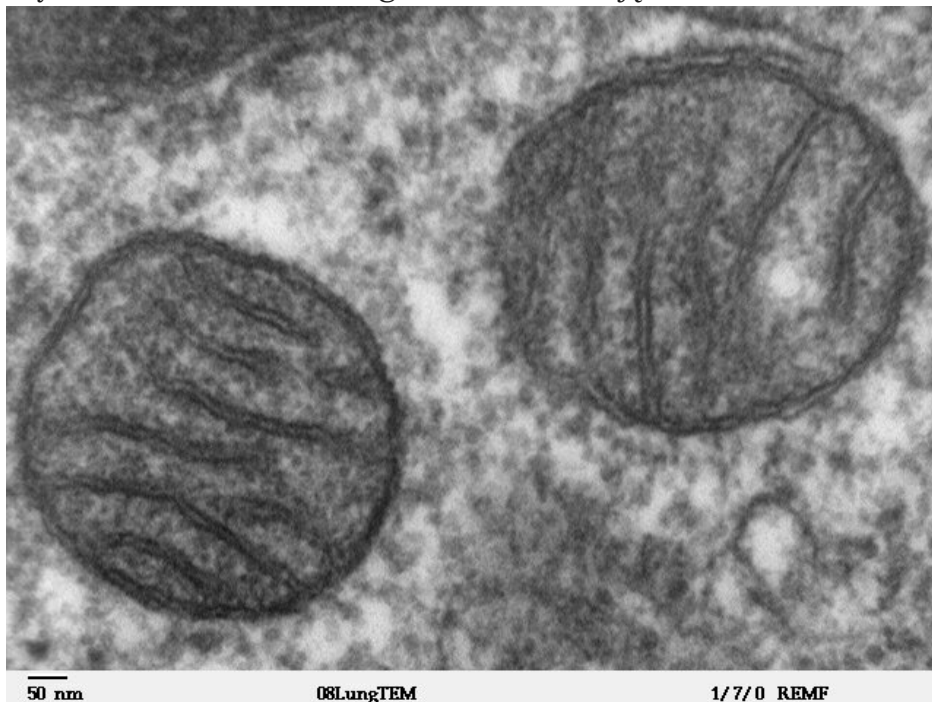
Przeczytaj

Mitochondria to organelle występujące w cytoplazmie **komórek eukariotycznych**. Nie mają ściśle określonej formy, wykazują dużą plastyczność. Zazwyczaj przyjmują podłużny, owalny kształt, rzadziej nitkowaty lub rozgałęziony. Ich wielkość waha się od 2 do 8 μm .

Liczba i rozmieszczenie mitochondriów

Mitochondria stosunkowo licznie występują w komórce ze względu na ich istotny udział w przemianach metabolicznych. Pojedyncza komórka zawiera od kilkudziesięciu do kilku tysięcy mitochondriów, stanowiących od 12% do 25% objętości całej komórki (niekiedy także więcej).

U człowieka stosunkowo niewielką liczbę mitochondriów zawierają m.in. komórki naskórka (od 2 do 6), komórki tłuszczowe (kilkanaście) oraz plemniki (od 20 do 50), natomiast duża liczba mitochondriów występuje np. w komórkach wątroby (od 1000 do 2500), włóknach mięśni szkieletowych (do 1600) oraz komórkach jajowych (ok. 100 tys.). Z kolei dojrzałe erythrocyty to jedyne komórki, które w ogóle nie zawierają mitochondriów.



Kształt, wielkość, liczba i rozmieszczenie mitochondriów zmieniają się w czasie i zależą od aktywności metabolicznej, wieku, rodzaju i funkcji komórki.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Mitochondria rozmieszczone są na całym obszarze komórki, jednak ich położenie nie jest stałe. Wraz z ruchami cytoplazmy mogą się przemieszczać do rejonów komórki, które wykazują większe zapotrzebowanie energetyczne. Zatem rozmieszczenie mitochondriów w obrębie komórki nie jest przypadkowe. Najczęściej organelle te znajdują się w pobliżu jądra komórkowego, wzdłuż szlaków transportu wewnątrzkomórkowego, w sąsiedztwie materiałów zapasowych lub w miejscach lokalnego zapotrzebowania na energię.

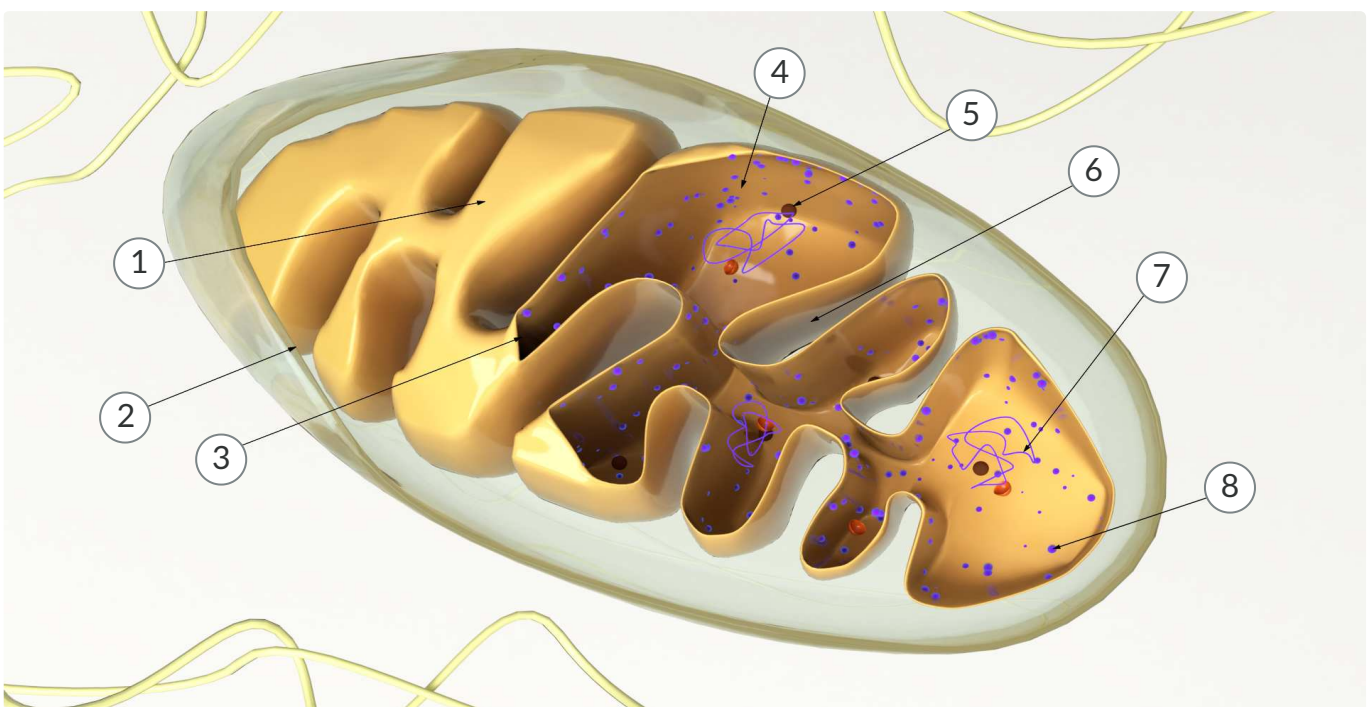
Budowa mitochondrium

Mitochondria są otoczone dwiema błonami białkowo-lipidowymi: zewnętrzną i wewnętrzną. Różnią się one między sobą pod względem molekularnym i funkcjonalnym.

Błona zewnętrzna

Błona zewnętrzna jest gładka, a jej grubość wynosi od 6 do 7 nm. W niemal 50% składa się z różnego rodzaju białek: strukturalnych, receptorowych, transportowych i enzymatycznych. Stosunek białek błonowych do lipidów wynosi mniej więcej 1:1, co przypomina stosunek wagowy obecny w błonie komórkowej. Błona zewnętrzna mitochondriów jest przepuszczalna dla różnego rodzaju substancji: tlenu, dwutlenku węgla, wody, enzymów.

Błona wewnętrzna



1

Grzebień mitochondrium

2

Błona zewnętrzna

3

Błona wewnętrzna

4

Matriks

5

Ziarnistości

6

Przestrzeń międzybłonowa

7

Kolista cząsteczka DNA

8

Rybosomy

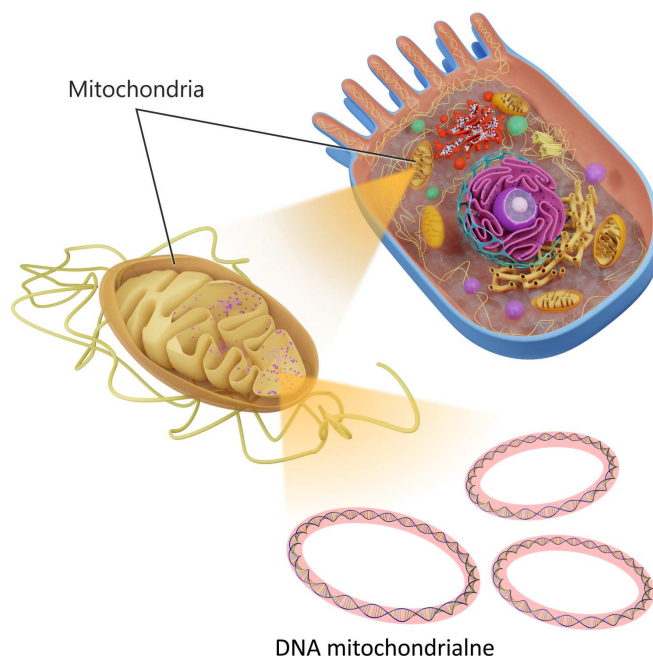
Budowa mitochondrium.

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

Między błoną zewnętrzną i wewnętrzną znajduje się przestrzeń międzybłonowa (perymitochondrialna), zwana **przedziałem zewnętrznym**. Wewnątrz mitochondrium znajduje się **matriks**, czyli macierz mitochondrialna, określana również mianem **przedziału wewnętrznego**.

Przedziały, podobnie jak błony, różnią się pod względem molekularnym i funkcjonalnym. Przedział wewnętrzny jest bardziej zróżnicowany niż przedział zewnętrzny i bogatszy od niego pod względem enzymatycznym. **Matriks** ma postać żelu i stanowi wodny roztwór białek oraz różnego rodzaju związków chemicznych uczestniczących w przemianach metabolicznych. W macierzy mitochondrialnej znajduje się także materiał genetyczny i liczne rybosomy.

Materiał genetyczny ma postać kilku kolistych cząsteczek mitochondrialnego DNA (mtDNA). W komórce człowieka jedna organella zawiera od 2 do 10 kopii mtDNA. Jedna cząsteczka ludzkiego DNA mitochondrialnego zawiera dokładnie 37 genów, w których jest zapisana informacja o 2 cząsteczkach rRNA mitochondrialnego, 22 cząsteczkach tRNA mitochondrialnego oraz 13 białkach uczestniczących w budowie i funkcjach mitochondrium.



DNA mitochondrialne.

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

Rybosomy mitochondrialne są mniejsze od rybosomów cytoplazmatycznych i rybosomów związanych z błonami siateczki śródplazmatycznej szorstkiej. Swoją budową przypominają

rybosomy [komórek prokariotycznych](#), co stanowi jeden z dowodów potwierdzających [teorię endosymbiozy](#). Rybosomy mitochondrialne przeprowadzają syntezę kilkunastu rodzajów białek mitochondrialnych.

Więcej informacji na temat budowy mitochondriów znajdziesz [tutaj](#), a o założeniach teorii endosymbiozy przeczytasz [tutaj](#).

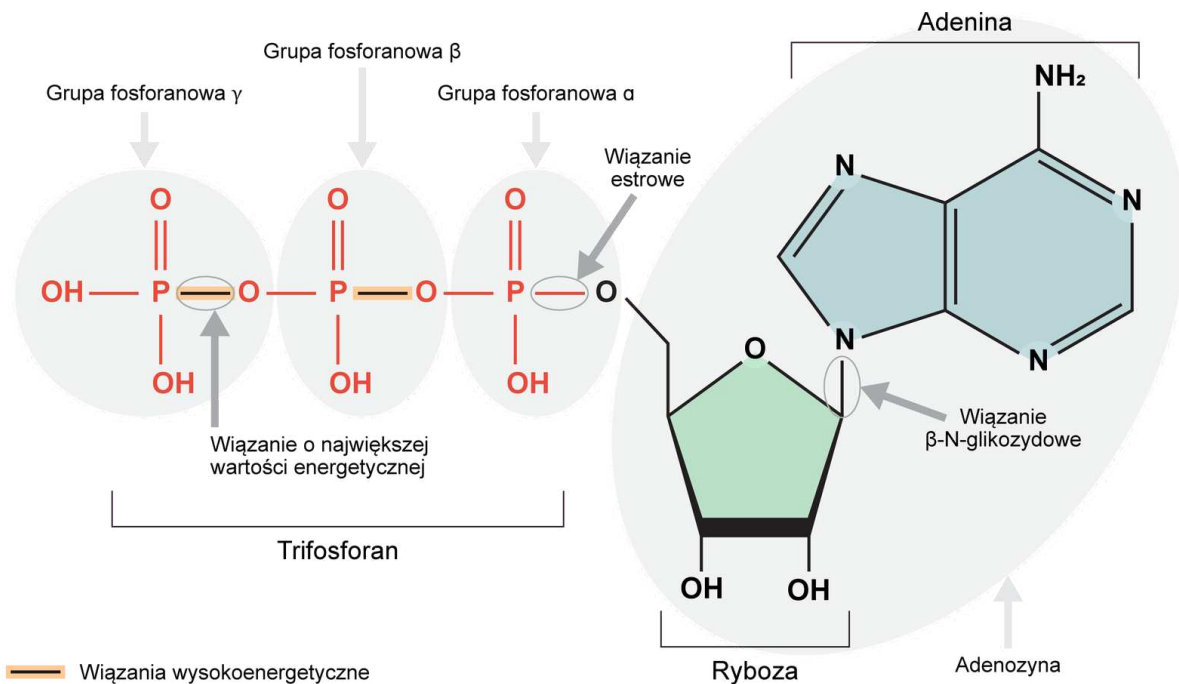
Półautonomiczność mitochondrium

Mitochondria i plastydy to jedyne organelle komórkowe, które mają autonomiczny układ syntetyzujący białka. W mitochondriach układ ten tworzą mitochondrialne DNA i rybosomy. W mtDNA jest zakodowana informacja o 13 z 67 białek tzw. [łańcucha oddechowego](#). Informacje o budowie i funkcjach pozostałych białek współtworzących łańcuch oddechowy oraz informacja o ponad 600 innych białkach mitochondrialnych jest zakodowana w DNA jądrowym. Białka te są syntetyzowane na rybosomach cytoplazmatycznych i następnie transportowane do mitochondriów.

Więcej o mitochondriach jako organelach półautonomicznych przeczytasz [tutaj](#).

Mitochondria jako centra energetyczne komórki

Komórki wszystkich żywych organizmów potrzebują energii, aby móc realizować funkcje życiowe. Zgodnie z zasadą zachowania energii jest ona wartością stałą, co oznacza, że nie może zostać wytworzona ani zniszczona. Energia może jedynie ulegać przemianom – wówczas jedna jej forma przechodzi w inną. Mitochondria to organelle komórkowe wyspecjalizowane w przeprowadzaniu procesów metabolicznych, w których przemianom energii towarzyszy jej kumulowanie w wysokoenergetycznych wiązaniach uniwersalnego nośnika energii – [ATP](#).

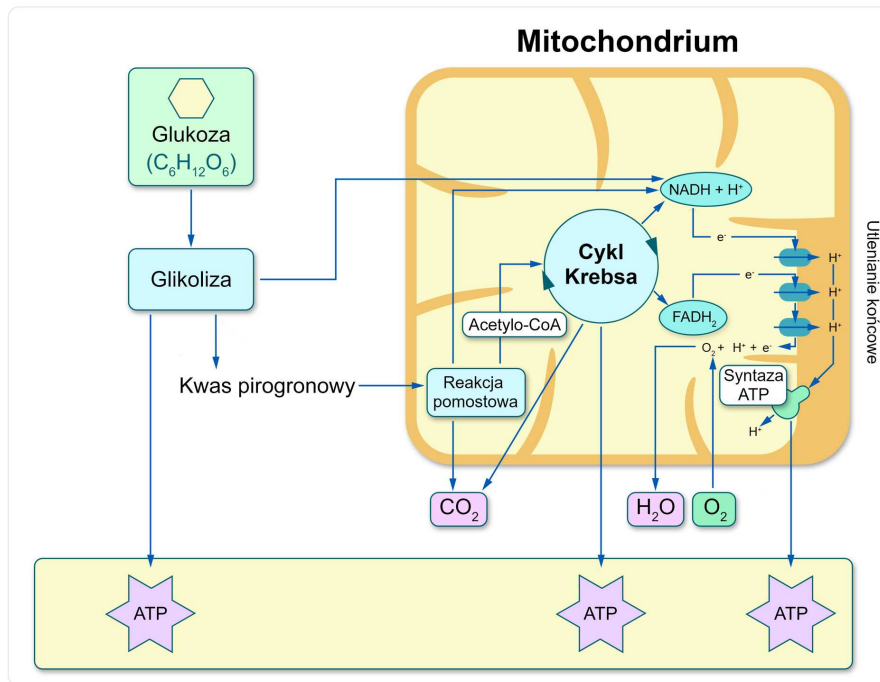


Budowa ATP.

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

ATP to niewielki związek organiczny zbudowany z zasady azotowej – adeniny, cukru pięciowęglowego – rybozy i trzech reszt fosforanowych (V). Pomiędzy resztami fosforanowymi znajdują się dwa wysokoenergetyczne wiązania bezwodnikowe, w których kumulowana jest energia. Rozkład cząsteczki ATP przy udziale wody powoduje zerwanie wiązania wysokoenergetycznego (najczęściej jednego), czemu towarzyszy wydzielenie energii. Wydzielona energia może zostać wykorzystana np. do transportu aktywnego jonów przez błonę komórkową, przewodzenia impulsów nerwowych, ruchu wici czy skurczu mięśni.

Synteza ATP w mitochondriach zachodzi podczas **oddychania wewnątrzkomórkowego** – jednego z najważniejszych procesów metabolicznych. Oddychanie wewnątrzkomórkowe przebiega w kilku etapach, z których każdy składa się z reakcji chemicznych katalizowanych przez **enzymy** tworzące szlaki lub cykle metaboliczne.



Uproszczony przebieg procesu oddychania wewnątrzkomórkowego z użyciem glukozy jako substratu oddechowego.

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

Oddychanie wewnątrzkomórkowe polega na całkowitym utlenieniu związków organicznych do CO_2 i H_2O w obecności tlenu. Podstawowym substratem oddechowym dla większości komórek jest glukoza.

Ogólny przebieg tego procesu przedstawia równanie:



Substratami oddychania wewnątrzkomórkowego oprócz węglowodanów mogą być także inne związki organiczne, np. kwasy tłuszczowe i aminokwasy. Związki te u **autotrofów** są syntetyzowane w komórkach organizmu, a w przypadku **heterotrofów** są dostarczane do organizmu wraz z pobieranym pokarmem. W czasie wieloetapowego rozkładu związków pokarmowych dochodzi do uwalniania energii. Blisko 60% uwolnionej energii rozprasza się w postaci ciepła i przyczynia się do utrzymywania temperatury ciała, a ok. 40% wykorzystywane jest do syntezy ATP.

Uwalnianie energii chemicznej obecnej w wiązaniach chemicznych rozkładanych związków organicznych zachodzi stopniowo, dzięki czemu możliwe jest lepsze wykorzystanie energii i skumulowanie jej w wysokoenergetycznych wiązaniach ATP. Procesy metaboliczne zachodzące w mitochondriach są dla komórek głównym źródłem energii użytecznej biologicznie: z tego właśnie powodu mitochondria są nazywane centrami energetycznymi komórki.

Słownik

ATP

adenozyno-5`-trifosforan – nukleotyd adeninowy, zawierający grupę trifosforanową połączoną wiązaniem estrowym z grupą 5'-OH adenozyiny. Jest głównym nośnikiem energii w komórce ze względu na wysoką energię wiązań pomiędzy grupami fosforanowymi

autotrofy

organizmy samożywne przeprowadzające syntezę złożonych związków organicznych z prostych związków nieorganicznych przy udziale energii świetlnej (fotosynteza) lub energii chemicznej (chemosynteza)

enzym

biokatalizator (zazwyczaj białko, rzadziej cząsteczka RNA) zdolny do obniżenia energii aktywacji, co powoduje przyspieszenie przebiegu reakcji chemicznej

heteroautotrofy

organizmy cudzożywne pobierające związki organiczne ze środowiska zewnętrznego

komórka prokariotyczna

typ komórki, której informacja genetyczna leży bezpośrednio w obrębie cytoplazmy i nie jest od niej oddzielona; komórki tego typu nie mają systemu błon wewnątrzkomórkowych i cytoszkieletu

komórka eukariotyczna

typ komórki, której informacja genetyczna jest oddzielona od reszty cytoplazmy za pomocą otoczki jądrowej; wewnątrz komórki obecny jest system błon wewnątrzkomórkowych (siateczka śródplazmatyczna szorstka i gładka, aparaty Golgiego, lizosomy, mikrociałka), organelle półautonomiczne (mitochondria, chloroplasty) i cytoszkielet

łańcuch oddechowy

zespół związków chemicznych wbudowanych w błonę wewnętrzną mitochondrium, które przenoszą elektrony i protony od donora do akceptora; energia przemieszczających się elektronów jest wykorzystywana do transportu aktywnego jonów H^+ z matriks do przestrzeni międzybłonowej mitochondrium

metabolizm

całość przemian materii i energii zachodzących w żywych komórkach

oddychanie wewnątrzkomórkowe

inaczej oddychanie komórkowe lub utlenianie biologiczne; wieloetapowy proces rozkładu substratu oddechowego, prowadzący do wydzielenia energii wykorzystywanej do syntezy ATP; zachodzi w warunkach tlenowych (oddychanie tlenowe) lub w warunkach beztlenowych (oddychanie beztlenowe i fermentacja)

teoria endosymbiozy

teoria wyjaśniająca powstanie komórek eukariotycznych, według której część organelli komórkowych pochodzi od wolno żyjących organizmów prokariotycznych: miały one wniknąć do prakomórki i funkcjonować w niej na zasadzie endosymbiozy; zgodnie z teorią endosymbiozy mitochondria pochodzą od heterotroficznych bakterii oddychających tlenowo, a chloroplasty – od autotroficznych sinic

Model 3D

Model 3D mitochondrium.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o. Przedmiotowy model 3D został opracowany przez Englishsquare.pl Sp. z o.o. na podstawie materiału źródłowego zakupionego w ramach serwisu www.turbosquid.com. Jakiegokolwiek dalsze użycie tego modelu 3D podlega wszelkim ograniczeniom opisanym w licencji opublikowanej na przywołanej stronie internetowej.




Polecenie 1

Na podstawie informacji zamieszczonych w modelu 3D wymień procesy, które zachodzą w mitochondrium.

Polecenie 2

Wyjaśnij, jakie funkcje pełnią zewnętrzna oraz wewnętrzna błona mitochondrium.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



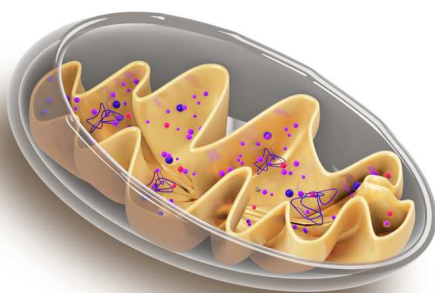
Ćwiczenie 5



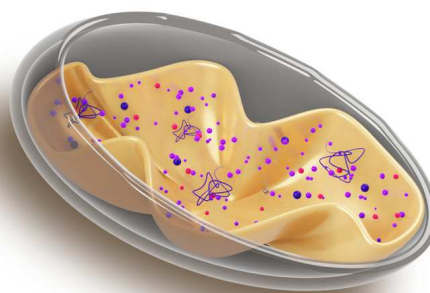
Ćwiczenie 6



Na schematach przedstawiono mitochondria pochodzące z dwóch różnych narządów.



A



B

Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Mitochondria – centra energetyczne komórki

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

3. Oddychanie komórkowe. Uczeń:

1) wykazuje związek budowy mitochondrium z przebiegiem procesu oddychania komórkowego;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Uczeń:

1) wykazuje związek budowy mitochondrium z przebiegiem procesu oddychania komórkowego;

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):

- Określisz rolę mitochondriów w przemianach metabolicznych komórki.
- Przedstawisz zależność między budową mitochondrium a jego rolą w oddychaniu wewnątrzkomórkowym.

- Wykażesz związek między budową ATP a procesami metabolicznymi, w których zachodzi uwalnianie energii.
- Przedstawisz znaczenie oddychania wewnątrzkomórkowego w syntezie cząsteczek ATP.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- grupy ekspertów;
- analiza modelu 3D.

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. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat budowy i funkcji mitochondriów.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wraz z uczniami formułuje cele lekcji i ustala kryteria sukcesu.
2. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel prosi o przypomnienie, jakie przystosowania w budowie mitochondriów pozwalają im pełnić swoje funkcje w komórce.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie indywidualnie zapoznają się z treścią z sekcji „Przeczytaj” i zapisują w zeszytcie minimum pięć pytań do tekstu – każde z pytań musi rozpoczynać się od słowa „dlaczego”.
2. **Praca z multimediami („Model 3D”).** Nauczyciel wyświetla model 3D i wspólnie z uczniami dokonuje jego analizy. Prosi podopiecznych, by wymienili procesy, które zachodzą w mitochondrium (polecenie nr 1). Następnie uczniowie, pracując w parach, mają wyjaśnić, jakie funkcje pełni zewnątrz- oraz wewnątrz- błona mitochondrium (polecenie nr 2). Ochotnicy przedstawiają swoje wyjaśnienia na forum klasy, a nauczyciel ocenia ich poprawność.
3. **Grupy ekspertów.** Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy. Zespoły na podstawie informacji zawartych w e-materiale opracowują w dowolnej formie (notatki w punktach, schematu) następujące zagadnienia:
 - grupa I i II – liczba i rozmieszczenie mitochondriów oraz ich budowa;
 - grupa III i IV – półautonomiczność oraz rola mitochondrium.Grupy wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali wiedzę nt. przypisanych zagadnień. Następnie eksperci zamieniają się grupami: I z III, a II z IV. Zadaniem ekspertów jest przekazanie zdobytych informacji. Czas na wykonanie zadania nie powinien przekroczyć 10 min. Po upływie wyznaczonego czasu eksperci wracają do swoich grup. Uczniowie mają w wybranej formie uporządkować oraz zapisać informacje przekazane przez ekspertów.
Nauczyciel kontroluje pracę grup, w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, jakie znaczenie ma pofałdowanie wewnętrznej błony mitochondrialnej) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.
5. Uczniowie w 4-osobowych grupach wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, dlaczego erythrocyty pozbawione są mitochondriów), a po upływie wyznaczonego czasu dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie odpowiadają na pytania sformułowane na początku lekcji.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 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:

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Model 3D” na lekcji „Budowa i funkcje mitochondriów”.