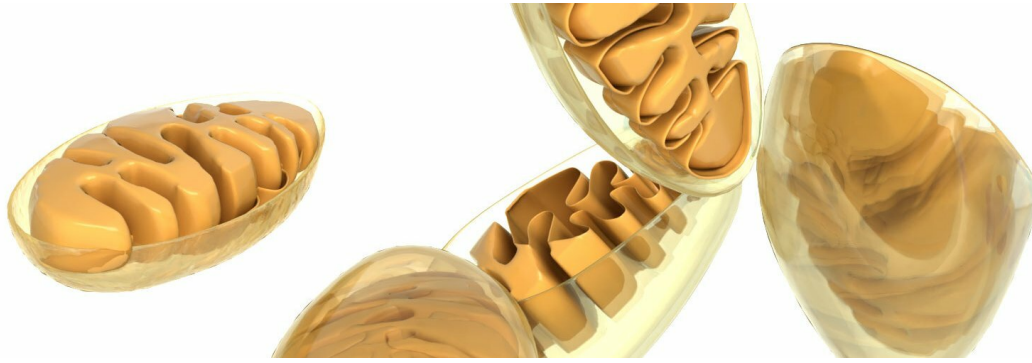




## Budowa i funkcje mitochondriów

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



## Budowa i funkcje mitochondriów

Mitochondria nazywane są „elektrowniami” komórki. Bez tych organelli nasz organizm nie przeżyłby nawet pięciu minut. Uwalniają one energię ze związków organicznych i magazynują ją w postaci ATP – cząsteczki, bez której żaden organizm nie może funkcjonować.

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

Mała, mobilna elektrownia, która kieruje się tam, gdzie jest najbardziej potrzebna. Niemożliwe? A jednak. Jest w komórce „elektrownia”, która nosi nazwę mitochondrium. Przemieszcza się do miejsc komórki o największym zapotrzebowaniu na „paliwo komórkowe” w postaci związku, jakim jest ATP. Potrafi też coś więcej – przy dużym zapotrzebowaniu na energię może się namnażać.

### Twoje cele

- Omówisz budowę mitochondrium.
- Wyjaśnisz wpływ aktywności metabolicznej komórki na rozmieszczenie i liczebność mitochondriów.
- Wskażesz przystosowania w budowie mitochondriów do roli, jaką pełnią w komórce.

# Przeczytaj

---

## Pochodzenie mitochondriów

Pochodzenie mitochondriów wyjaśnia **teoria endosymbiozy**. Zakłada ona, że przed miliardem lat prokariotyczne komórki zdolne do oddychania tlenowego zostały wchłonięte do innych komórek i stały się najpierw ich [endosymbiontami](#), a później organellami komórkowymi. Jest wiele dowodów przemawiających za tą teorią, m.in.:

- mitochondria są otoczone dwiema błonami, różniącymi się składem od błony komórki, w której się znajdują;
- organelle te mają własną kolistą cząsteczkę DNA, odmienną od DNA jądrowego;
- [rybosomy 70S](#) mitochondriów przypominają rybosomy bakteryjne;
- nowe mitochondria powstają na drodze podziału mitochondriów już istniejących.

## Kształt, liczebność i rozmieszczenie mitochondriów

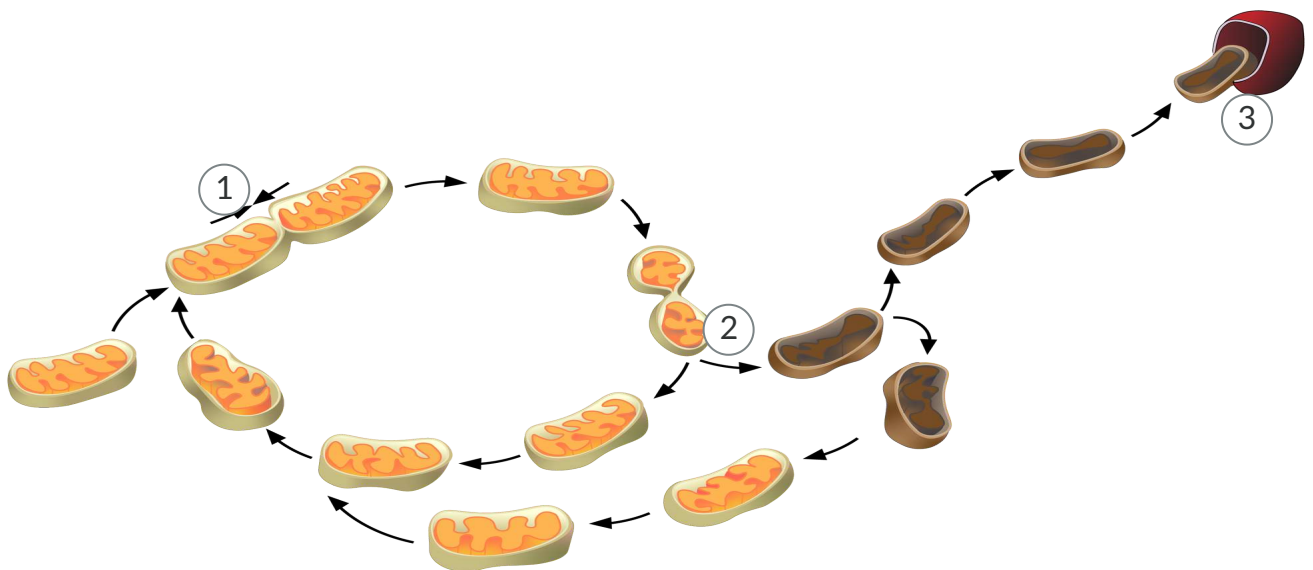
Kształt, liczebność i rozmieszczenie mitochondriów są różne w zależności od rodzaju komórki i jej aktywności metabolicznej.

Najczęściej organelle te mają kształt podłużny, owalny, jak np. w komórkach wątroby czy trzustki. W kanalikach nerkowych i włóknach mięśniowych występują mitochondria rozgałęzione.

Liczba mitochondriów jest wprost proporcjonalna do aktywności metabolicznej komórki. Mitochondria mogą stanowić od 12 do 25% objętości komórki (czasem nawet

więcej). Dużą liczbę mitochondriów zawierają komórki wątroby – hepatocyty (od 1000 do 2500), włókna szkieletowe (do 1600), a także komórki endokrynowe kory nadnerczy (do 1000). Mała liczba tych organeli występuje w komórkach naskórka, komórkach niezróżnicowanych i starzejących się oraz trombocytach (od 2 do 6).

Mitochondria mogą być rozmieszczone równomiernie w całej komórce lub na jej obwodzie, ale najczęściej gromadzą się w bliskim sąsiedztwie jądra komórkowego.



1

Łączenie się mitochondriów

2

Podział mitochondrium

3

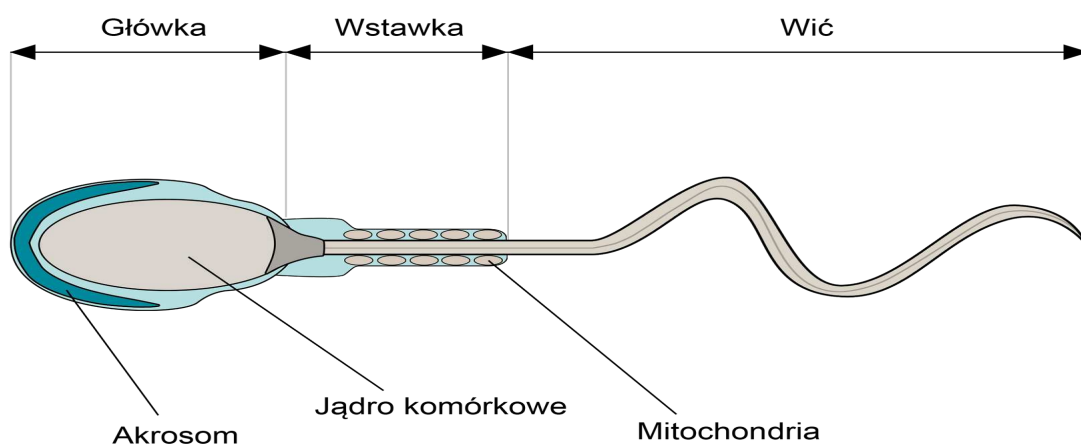
Niszczenie i usuwanie zużytych oraz uszkodzonych mitochondriów przez wyspecjalizowane organelle komórkowe

Cykl życiowy mitochondrium. Mitochondria są w bezustannym ruchu i jako struktury dynamiczne podlegają ciągłym zmianom. Zmieniają swój kształt, łączą się i dzielą. Niektóre protisty zwierzęce

mogą zawierać jedno duże, silnie rozgałęzione mitochondrium, będące wynikiem fuzji mniejszych. Zużyte i uszkodzone mitochondria mogą być pochłaniane i niszczone przez lizosomy lub stanowić źródło materiału błonowego wykorzystywanego do regeneracji funkcjonujących mitochondriów.

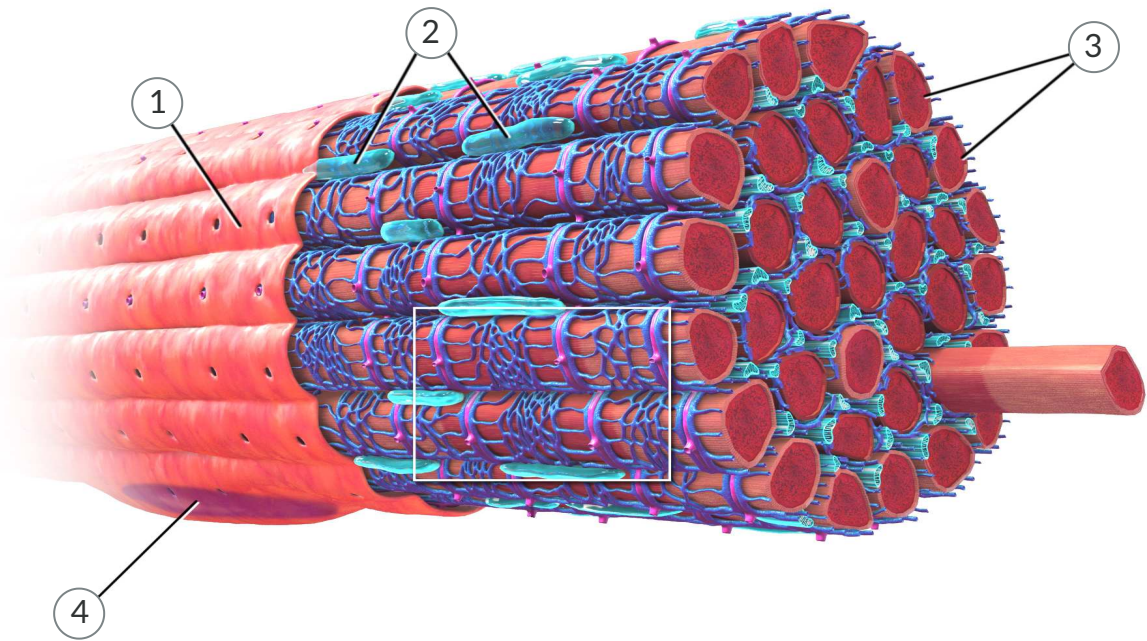
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Liczebność, rozmieszczenie, a nawet kształt mitochondriów zmieniają się w zależności od takich czynników, jak dostępność substratów wykorzystywanych w reakcjach zachodzących wewnątrz mitochondriów czy zapotrzebowanie energetyczne i aktywność metaboliczna komórki.



Wstawkę plemnika w 80% wypełniają mitochondria, które dostarczają ATP – użytecznej biologicznie energii potrzebnej do ruchu witki.

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



1

---

Sarkolema

2

---

Mitochondrium

3

---

Miofibryla

4

---

Jądro komórkowe

Budowa włókna mięśnia szkieletowego. We włóknach mięśniowych mitochondria leżą pomiędzy miofibrylami.

Źródło: BruceBlaus, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

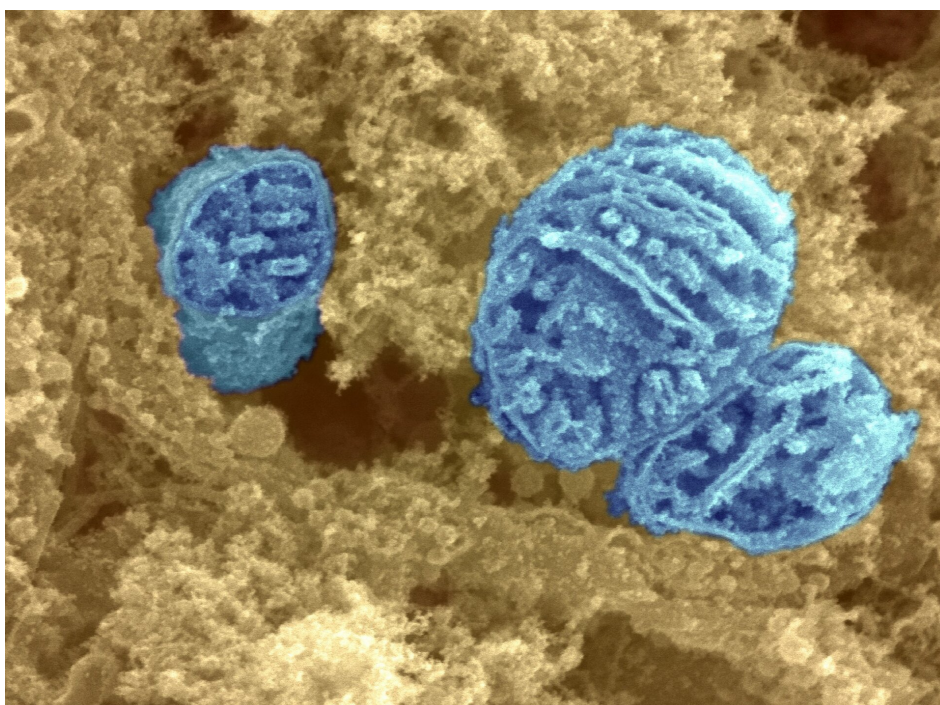
---

# Ultrastruktura i funkcje mitochondriów

Mitochondrium jest otoczone dwiema błonami białkowo-lipidowymi, które różnią się między sobą organizacją, składem chemicznym oraz przepuszczalnością.

**Błona zewnętrzna** oddziela mitochondrium od cytozolu. W porównaniu z błoną wewnętrzną jest grubsza, gładka i przepuszczalna dla większości jonów i substancji drobnocząsteczkowych, m.in. cholesterolu, ADP i ATP.

**Błona wewnętrzna** zawiera więcej białek niż błona zewnętrzna, na które składają się białka przenośnikowe, białka łańcucha oddechowego oraz syntaza ATP – białko enzymatyczne uczestniczące w syntezie ATP. Jest nieprzepuszczalna dla większości jonów. Ich transport odbywa się za pośrednictwem specjalnych przenośnikowych białek błonowych. Błona wewnętrzna jest silnie pofałdowana i tworzy grzebienie mitochondrialne, które znacznie zwiększają jej powierzchnię zarówno w stosunku do błony zewnętrznej, jak i błony komórkowej. Na przykład w komórkach wątroby łączna powierzchnia błon wewnętrznych wszystkich mitochondriów pięciokrotnie przekracza powierzchnię ich błony zewnętrznej i ok. 17-krotnie powierzchnię błony komórkowej.



Liczba grzebieni mitochondrialnych, ich kształt i stopień upakowania zależą od miejsca występowania mitochondrium, a tym samym roli, jaką mają do spełnienia. Na silnie rozbudowanych grzebieniach mitochondrialnych w mięśniach poprzecznie prążkowanych występuje dużo białek enzymatycznych uczestniczących w reakcjach utleniania komórkowego i syntezy ATP.

Źródło: Dr David Furness, Wellcome Collection, licencja: CC BY-ND 4.0.

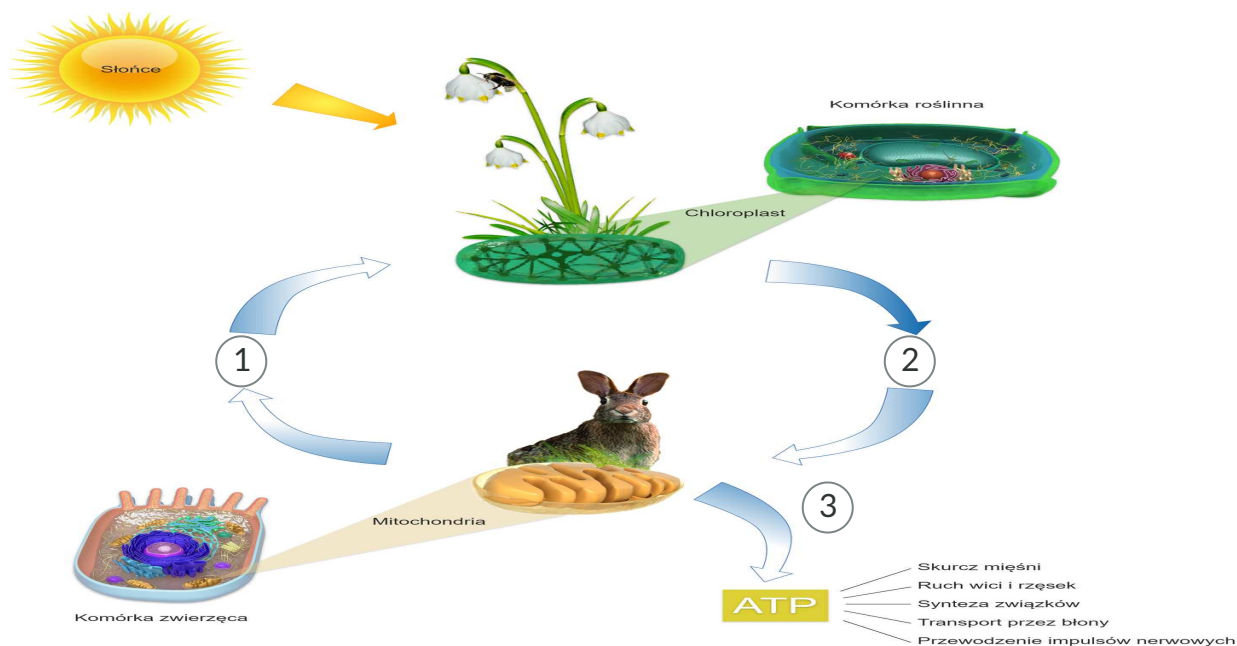
Między błoną zewnętrzną a wewnętrzną znajduje się **przestrzeń międzybłonowa**. Błona wewnętrzna wyznacza przestrzeń mitochondrialną zwaną macierzą lub **matriks**. Ma ona konsystencję żelu, w którym są zawieszone:

- jedna lub kilka (w komórkach ludzkich od 4 do 10) kolistych cząsteczek **DNA mitochondrialnego (mtDNA)**;
- RNA mitochondrialny (mtRNA);
- podjednostki mitochondrialnych rybosomów 70S (u ssaków 55S);
- liczne enzymy, których zestaw zależy od jej rodzaju komórki.

Mitochondria zawierają własny materiał genetyczny, dzięki czemu mogą się namnażać niezależnie od podziałów jądra komórkowego a zgodnie z zapotrzebowaniem komórki na energię. Mają też własne rybosomy, na których wytwarzają część potrzebnych im mitochondrialnych białek.

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

Mitochondria określane są jako centra energetyczne komórki. Zachodzi w nich **proces utleniania komórkowego**, w którym substraty energetyczne (cukry, kwasy tłuszczowe) zostają rozłożone do dwutlenku węgla i wody. Uwalniana w tym procesie energia wykorzystywana jest przez komórkę do wytworzenia ATP. W mitochondriach odbywają się również przemiany tłuszczów, a w komórkach wątroby (hepatocytach) w organellach tych zachodzi cykl przekształcania toksycznego amoniaku do mniej szkodliwego mocznika.



1

Dwutlenek węgla i woda

2

Glukoza i tlen

3

Wytwarzanie ATP

W mitochondriach zachodzi proces tlenowego oddychania komórkowego, który polega na utlenianiu związków organicznych do wody i dwutlenku węgla. U organizmów samożywnych utleniane związki pochodzą z fotosyntezy, a u organizmów cudzożywnych są one pozyskiwane z pokarmu. Proces oddychania przebiega przy udziale tlenu i prowadzi do wyzwolenia energii zmagazynowanej w wysokoenergetycznych wiązaniach ATP. Energia przechowywana w ATP jest następnie wykorzystywana w różnych procesach życiowych, a bez niej życie organizmu byłoby niemożliwe.

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

## Słownik

ATP

związek organiczny złożony z zasady azotowej – adeniny, cukru rybozy i trzech grup fosforanowych; gromadzi energię w dwóch wysokoenergetycznych wiązaniach, która jest wykorzystywana w procesie oddychania komórkowego; uwalnianie energii zgromadzonej w wysokoenergetycznych wiązań następuje w wyniku odłączenia od ATP reszt kwasu fosforowego; energia ta wykorzystywana jest m.in. do aktywnego transportu czy skurczu mięśni

### **DNA mitochondrialne (mtDNA)**

kolista cząsteczka kwasu deoksyrybonukleinowego zbudowana z nukleotydów, stanowiąca mitochondrialny materiał genetyczny, który nie ulega rekombinacji i jest dziedziczony w linii żeńskiej

### **endosymbiont**

organizm, który żyje na zasadzie symbiozy w komórkach innego organizmu

### **matriks**

macierz mitochondrialna; koloidalna substancja wypełniająca wnętrze mitochondrium, ograniczona błoną wewnętrzną; zawiera liczne enzymy katalizujące proces oddychania komórkowego, a także koliste cząsteczki DNA mitochondrialnego i rybosomy

### **mitochondrium**

organella półautonomiczna otoczona dwiema błonami białkowo-lipidowymi, w której zachodzi m.in. proces oddychania komórkowego z uwalnianiem energii magazynowanej w postaci ATP; uwolniona energia ulega częściowemu rozproszeniu w postaci ciepła

### **oddychanie tlenowe komórkowe**

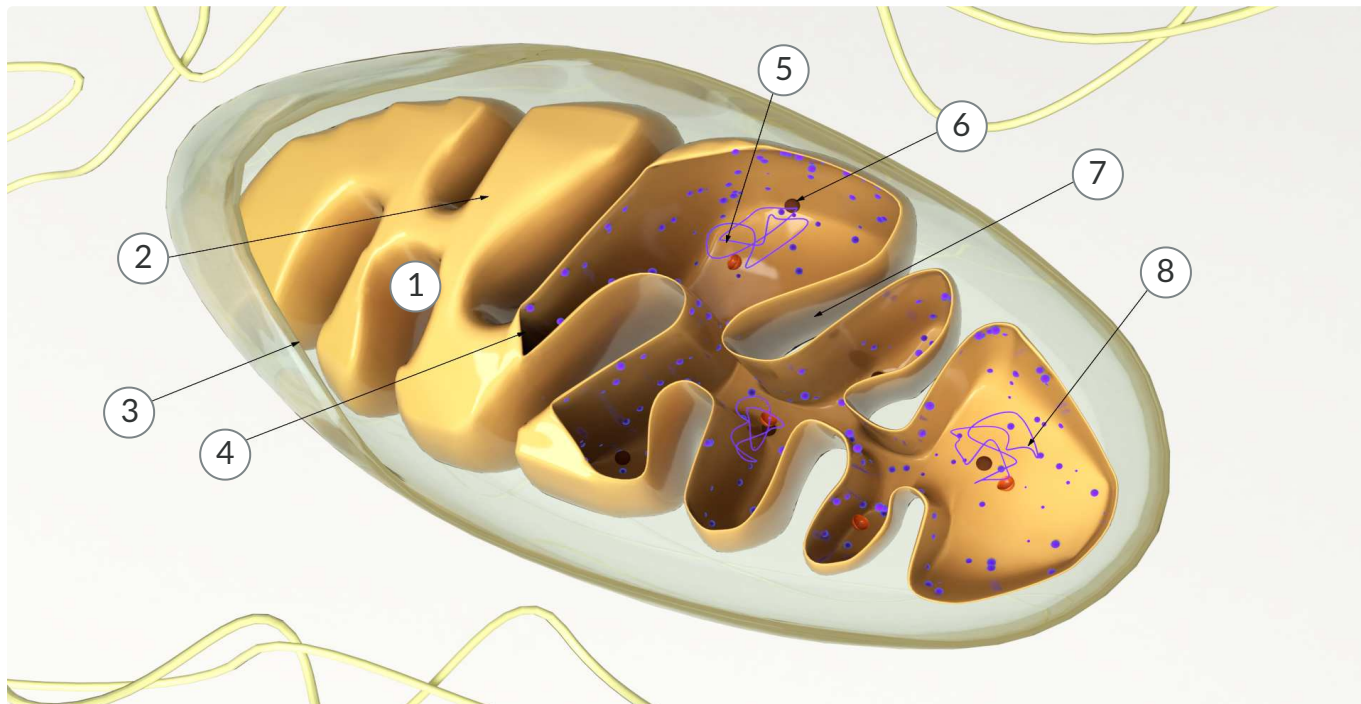
wieloetapowy proces metaboliczny, w którym podczas tlenowego rozkładu związków organicznych następuje uwalnianie energii; energia ta jest krótkotrwale magazynowana w ATP, a następnie wykorzystywana do procesów życiowych, takich jak transport aktywny czy procesy syntezy

## **rybosomy 70S**

ziarniste struktury w obrębie matriks mitochondrium zbudowane z rRNA i białek; zachodzi w nich synteza białek mitochondrialnych; rybosomy mitochondrialne mają stałą sedymentacji (S) niższą niż te występujące w cytoplazmie i na siateczce wewnątrzplazmatycznej; stała sedymentacji rybosomów w mitochondriach ssaków, w tym człowieka, wynosi tylko 55S

# Grafika interaktywna

---



1

Błony mitochondrium różnią się składem biochemicznym oraz przepuszczalnością, między innymi dla jonów  $H^+$ . Dla jonów tych błona zewnętrzna jest przepuszczalna, a błona wewnętrzna nieprzepuszczalna. Ma to związek z mechanizmem syntezy ATP.

2

## Grzebień mitochondrium

- Słabo rozwinięte grzebień – mała aktywność mitochondrium.
- Silnie rozwinięte grzebień – duża aktywność mitochondrium.

3

## Gładka błona zewnętrzna

Zewnętrzna błona mitochondrialna przepuszcza małe cząsteczki. Stężenie jonów i cukrów w przestrzeni międzymbłonowej jest takie samo, jak w cytozolu.

4

## Pofałdowana błona wewnętrzna

Błona wewnętrzna tworzy uwypuklenia od strony matriks zwane grzebieniami mitochondrialnymi. Przez błonę tę mogą się przedostać jedynie białka zawierające specjalne

sekwencje sygnałowe.

## 5

---

### Matriks

Inaczej macierz mitochondrialna, jest to przedział ograniczony wewnętrzną błoną mitochondrialną. W macierzy zawieszone są małe cząsteczki kolistego DNA, a także trzy główne rodzaje RNA:

- mRNA – stanowi matrycę do syntezy białek;
- tRNA – transportuje aminokwasy;
- rRNA – wchodzi w skład podjednostek rybosomów.

## 6

---

### Rybosomy mitochondrialne

Są mniejsze od rybosomów występujących w cytozolu komórek eukariotycznych (70S, a u ssaków 55S).

## 7

---

### Przestrzeń międzybłonowa

Zawarta jest między gładką błoną zewnętrzną i pofałdowaną błoną wewnętrzną.

## 8

---

### DNA

DNA mitochondrialny (mtDNA) jest cząsteczką kolistą, pozbawioną odcinków niekodujących i histonów, na matrycy której syntetyzowany jest mitochondrialny RNA. Nie wszystkie białka obecne w mitochondriach są w nich syntetyzowane. Część z nich kodowana jest w DNA jądrowym, syntetyzowana poza mitochondrium i w razie potrzeby transportowana do jego wnętrza. DNA mitochondrialny dziedziczony jest po matce.

Budowa mitochondrium.

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

### Polecenie 1

Wyjaśnij, dlaczego człowiek dziedziczy cechy kodowane w DNA mitochondrialnym (mtDNA) od matki (w tym mutacje mtDNA), natomiast cechy warunkowane przez mtDNA mitochondrialny ojca nie są dziedziczone.

## Polecenie 2

Wykaż związek między stopniem pofałdowania błony wewnętrznej mitochondrium i liczbą grzebieni mitochondrialnych a aktywnością metaboliczną komórki.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Zaznacz cechę charakterystyczną tylko dla mitochondriów.

☐ dwuwarstwa fosfolipidowa

☐ podwójna błona biologiczna

☐ rybosomy

☐ grzebień błony wewnętrznej

☐ koliste DNA

## Ćwiczenie 2



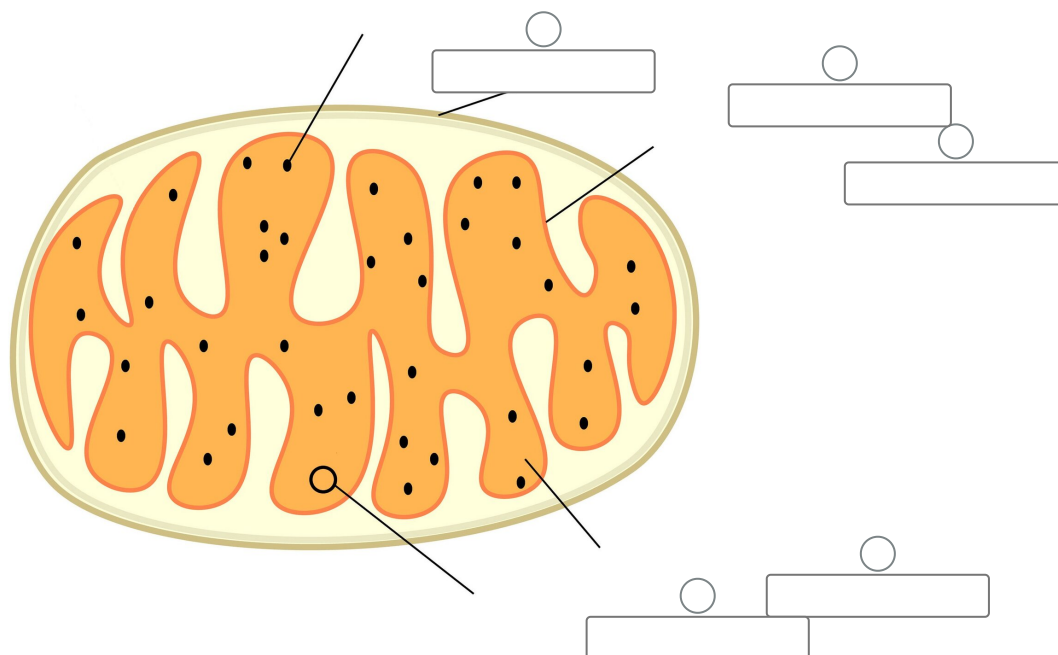
Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

|                                                                                                | Prawda                | Fałsz                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Liczba mitochondriów w komórce eukariotycznej jest determinowana jej aktywnością metaboliczną. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| W wielokomórkowym organizmie eukariotycznym wszystkie komórki zawierają mitochondria.          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Dzięki obecności mtDNA mitochondria syntetyzują wszystkie potrzebne im białka.                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Grzebień błony wewnętrznej zwiększają funkcjonalną powierzchnię mitochondrium.                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

### Ćwiczenie 3



Na ilustracji przedstawiono budowę mitochondrium. Przyporządkuj podane nazwy elementów budowy do odpowiednich oznaczeń.



DNA

błona wewnętrzna

rybosom

matriks

błona zewnętrzna

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

### Ćwiczenie 4



Do podanych elementów budowy mitochondrium przyporządkuj cechy charakterystyczne.

Błona zewnętrzna

gruba

zawiera więcej białek

przepuszczalna dla jonów  $H^+$

nieprzepuszczalna dla jonów  $H^+$

Błona wewnętrzna

gładka

grzebień

## Ćwiczenie 5



Uzupełnij tekst, zaznaczając poprawne informacje.

Hydrofilowy ☐ Hydrofobowy ☐ charakter błon mitochondrialnych warunkuje ich ograniczoną ☐ zwiększoną ☐ przepuszczalność. Większa ilość białek ☐ tłuszczów ☐ w błonie zewnętrznej ☐ wewnętrznej ☐ jest związana m.in. z transportem jonów. Błona wewnętrzna jest silniej ☐ słabiej ☐ rozwinięta w komórkach o większym zapotrzebowaniu na energię.

## Ćwiczenie 6



Wybierz właściwą odpowiedź.

Aby potwierdzić słuszność hipotezy zakładającej, że liczba mitochondriów w komórce zależy od jej zapotrzebowania energetycznego, do obserwacji mikroskopowych należy użyć:

- ☐ komórek naskórka i starzejących się komórek nabłonka
- ☐ komórek wątroby i komórek tkanki tłuszczowej brunatnej
- ☐ komórek trzustki i komórek naskórka
- ☐ komórek wątroby i włókna mięśnia szkieletowego

## Informacja do ćwiczeń 7 i 8

W komórkach jednej z tkanek budujących ciała ssaków jest bardzo dużo drobnych mitochondriów mających gęsto upakowane grzebienie mitochondrialne. Stwierdzono też, że występuje tam niewielka ilość syntazy ATP – enzymu katalizującego wytwarzanie ATP, a duża termogeniny, czyli białka rozprzegającego, które ogranicza syntezę ATP, a wzmacnia produkcję energii cieplnej.

## Ćwiczenie 7



Korzystając z tekstu, określ dwie funkcje, jakie pełni mitochondrium w przemianach energii.  
W odpowiedzi uwzględnij obie formy energii.

## Ćwiczenie 8

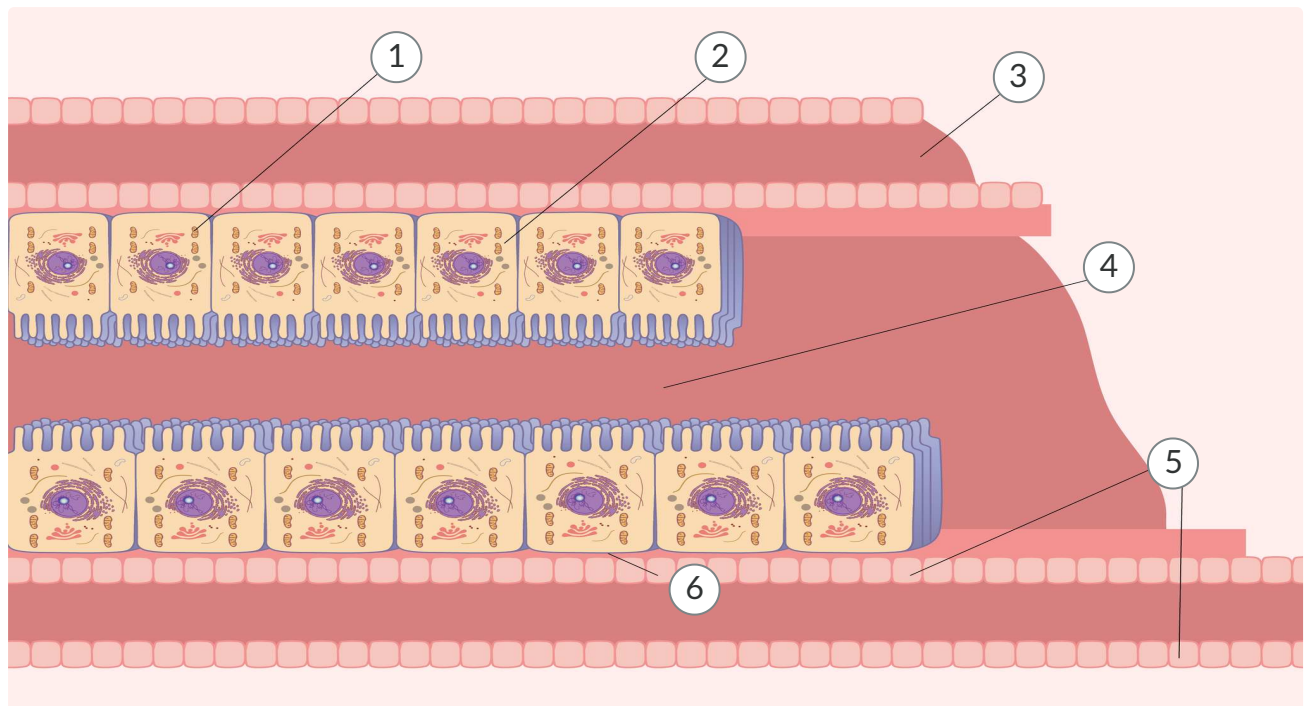


Komórki zawierające opisane w tekście mitochondria budują tkankę:

- ☐ kostną w okresie regeneracji kości
- ☐ nabłonka jelita cienkiego
- ☐ mięśniową gładką ściany naczynia krwionośnego
- ☐ tłuszczową brunatną noworodków

Uzasadnij odpowiedź, podając jeden argument.

## Ćwiczenie 9



1

Mitochondrium

2

Komórka nabłonka

3

Światło naczynia krwionośnego

4

Światło kanalik nerkowego

5

Śródbłonek naczyń krwionośnych

6

Błona podstawna

Mitochondria w komórkach nabłonka kanalik nerkowego.

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

W komórkach nabłonka kanalik nerkowego mitochondria układają się w szeregi prostopadłe do błony podstawnej komórki.

Wyjaśnij, czym jest uwarunkowane takie rozmieszczenie mitochondriów w komórkach nabłonka kanalik nerkowego.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Monika Zaleska-Szczygieł

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Budowa i funkcje mitochondrium

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

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

II. Komórka. Uczeń:

8) opisuje budowę i funkcje mitochondriów.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

II. Komórka. Uczeń:

8) opisuje budowę mitochondriów i plastydów ze szczególnym uwzględnieniem chloroplastów; dokonuje obserwacji mikroskopowych plastydów w materiale biologicznym;

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;

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

### **Cele operacyjne:**

Uczeń:

- omawia rodzaje komórek, w których występują mitochondria;
- określa położenie mitochondriów w komórce;
- charakteryzuje budowę mitochondrium;
- rozpoznaje na schemacie elementy budowy mitochondrium;
- wyjaśnia wpływ aktywności metabolicznej komórki na rozmieszczenie i liczebność mitochondriów;
- wykazuje związek między budową mitochondriów a ich funkcją.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- nauczanie wyprzedzające.

### **Metody i techniki nauczania:**

- pogadanka;
- mapa mentalna;
- graffiti;
- analiza tekstu źródłowego.

### **Formy pracy:**

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

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- 4 arkusze papieru A3;
- 4 arkusze papieru A1;
- flamastry.

### **Przed lekcja**

Nauczyciel przygotowuje kartki z hasłami:

- „Błona zewnętrzna”;
- „Błona wewnętrzna i grzebienie mitochondrialne”;
- „Macierz mitochondrialna”;
- „DNA mitochondrialny”;
- „Rybosomy”.

### **Przebieg zajęć**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel prosi, aby uczniowie opisali budowę komórki eukariotycznej, zwracając uwagę na mitochondria.
2. Nauczyciel zadaje pytanie: „Jaką funkcję pełnią mitochondria w komórce?”.
3. Nauczyciel informuje uczniów, że liczba mitochondriów we włóknach mięśni szkieletowych trenującego lekkoatlety i osoby niewykonywającej większego wysiłku

fizycznego jest różna. Nauczyciel przeprowadza pogadankę zadając pytanie: „Z czego wynika ta różnica?”.

4. Nauczyciel podaje cele lekcji i formułuje jej temat.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy. Każda grupa otrzymuje flamastry i arkusz papieru A3. Zadaniem grup jest wykonanie mapy myśli dotyczącej kształtu, liczebności i rozmieszczenia mitochondriów. Uczniowie wpisują hasła, opisy, wykonują rysunki.
2. Nauczyciel nadzoruje pracę grup, w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości.
3. Uczniowie prezentują swoje mapy myśli.
4. Nauczyciel zapisuje na tablicy hasło „Budowa i funkcje mitochondrium” i rysuje duży schemat budowy mitochondrium. Następnie przedstawiciel każdej z grup losuje hasło, które będzie opracowywane przez grupę (ważne, by liczba grup odpowiadała liczbie zaplanowanych do opracowania haseł):

- „Błona zewnętrzna”;
- „Błona wewnętrzna i grzebienie mitochondrialne”;
- „Macierz mitochondrialna”;
- „DNA mitochondrialny”;
- „Rybosomy”.

Uczniowie na podstawie informacji zawartych w e-materiale, szczególnie w grafice interaktywnej, zapisują na kartkach najważniejsze informacje dotyczące wylosowanej struktury. Następnie przedstawiciele grup są proszeni o przymocowanie za pomocą masy plastycznej lub taśmy lepiącej swoich opisów w odpowiednim miejscu na rysunku mitochondrium sporządzonym przez nauczyciela na tablicy. Uczniowie podchodzą do tablicy i czytają opisy. Nauczyciel czuwa nad poprawnością wykonanego ćwiczenia. Uczniowie mogą także wykonać w zeszytach własne rysunki schematyczne mitochondrium i je opisać.

5. Uczniowie wieszają i prezentują graffiti. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje.
6. Nauczyciel prosi o zapoznanie się grafiką interaktywną zawartą w e-materiale.
7. Uczniowie wykonują ćwiczenia interaktywne nr 1, 3 i 4.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel wybiera ucznia, który dokończy czytane przez nauczyciela zdanie (materiały pomocnicze). W przypadku udzielenia dobrej odpowiedzi uczeń wskazuje osobę, która dokończy kolejne zdanie czytane przez nauczyciela. W przypadku udzielenia złej odpowiedzi zdanie kończy osoba zgłaszająca się i wskazuje następną osobę.

### **Praca domowa:**

Wykonaj ćwiczenia interaktywne nr 2 oraz od 5 do 8 zawarte w e-materiale.

### **Materiały pomocnicze:**

Niedokończone zdania:

1. Liczebność mitochondriów w komórce zależy od...
2. Mitochondria najczęściej mają kształt...
3. Przykładem komórek zawierających dużą liczbę mitochondriów są...
4. Najczęściej w komórce mitochondria występują...
5. Mitochondria są otoczone...
6. Więcej białek występuje w błonie...
7. Błona wewnętrzna jest silnie pofałdowana i tworzy...
8. Substancją wypełniającą wnętrze mitochondrium jest...
9. Między błoną zewnętrzną a wewnętrzną znajduje się...
10. Mitochondria pełnią funkcję...

## **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:**

Grafika interaktywna powinna zostać wykorzystana w fazie realizacyjnej lekcji. Można ją także wykorzystać podczas przygotowania ucznia do lekcji.