



Mitochondrialna Ewa

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



Mitochondrialna Ewa

Mitochondria to organella, mające 1–10 mikrometrów (μm) długości oraz 0,5–2 μm średnicy (1 mikrometr to jedna milionowa metra lub jedna tysięczna milimetra). Określa się je jako centra energetyczne komórki.

Źródło: Odra Noel, Wellcome Collection, licencja: CC BY-NC 4.0.

Mitochondrialna Ewa żyła około 200 tys. lat temu. Kim była i dlaczego interesujemy się nią współcześnie? Pojęcie mitochondrialna Ewa pochodzi od hipotezy w genetyce, według której wszystkie mitochondria, w całej ludzkiej populacji wywodzą się od mitochondriów pewnej kobiety. Wszyscy najprawdopodobniej pochodzimy z jednej populacji, która narodziła się w Afryce około 200 tys. lat temu i stamtąd ruszyła na podbój świata.

Twoje cele

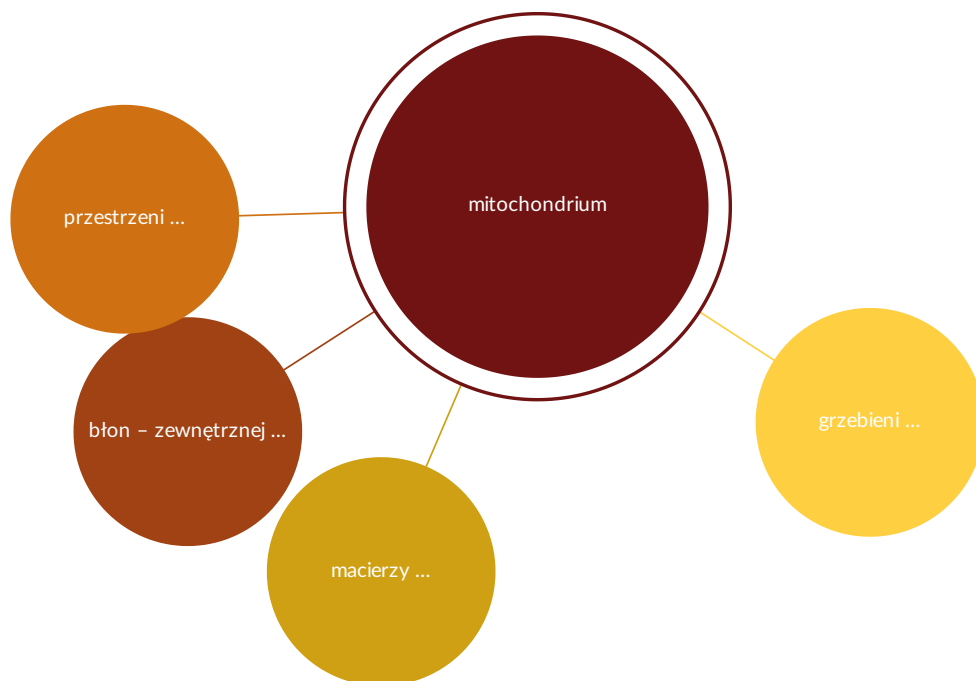
- Scharakteryzujesz budowę mitochondrium.
- Wyjaśnisz, czym jest mitochondrialny DNA i w jaki sposób go dziedziczymy.
- Przeanalizujesz, w jakim celu badamy mitochondrialne DNA.
- Opiszysz, kim była mitochondrialna Ewa.

Przeczytaj

Czym jest mitochondrium?

Mitochondrium to organellum występujące w większości komórek eukariotycznych. Podczas procesu oddychania komórkowego w mitochondriach powstaje większość ATP (adenozynotryfosforanu), który jest źródłem energii dla komórki.

Składa się ono z:



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

Ilość mitochondriów w pojedynczej komórce może wynosić od kilkuset do kilku tysięcy.

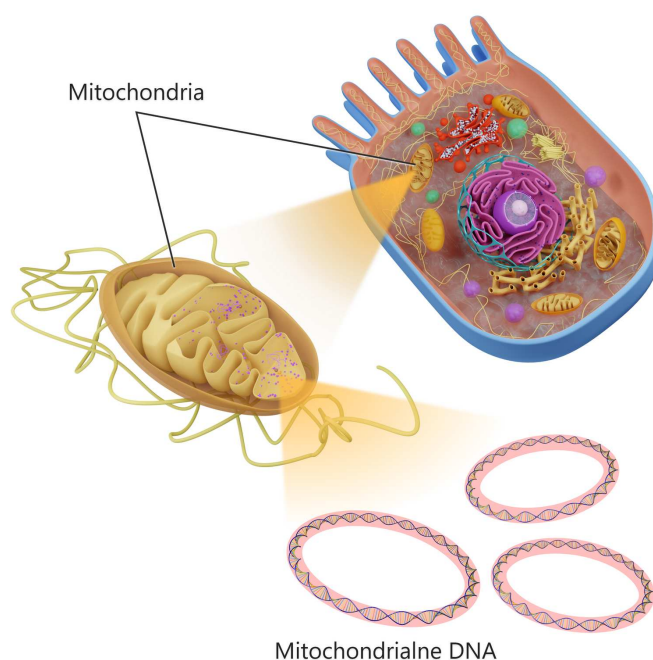
Model mitochondrium

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. Jakikolwiek dalsze użycie tego modelu 3D podlega wszelkim ograniczeniom opisanym w licencji opublikowanej na przywołanej stronie internetowej.

Więcej informacji na temat budowy i funkcji mitochondriów znajdziesz [tutaj](#).

Mitochondrialny DNA

Mitochondria wyróżnia to, że poza jądrem komórkowym, które zawiera większość genomu komórki (kompletnej informacji genetycznej), mitochondria również posiadają własny genom. Materiał genetyczny mitochondriów ma postać kolistych cząsteczek DNA, znajdujących się w macierzy mitochondrialnej (matriks). [Mitochondrialny DNA](#) w skrócie nazywamy również mtDNA.

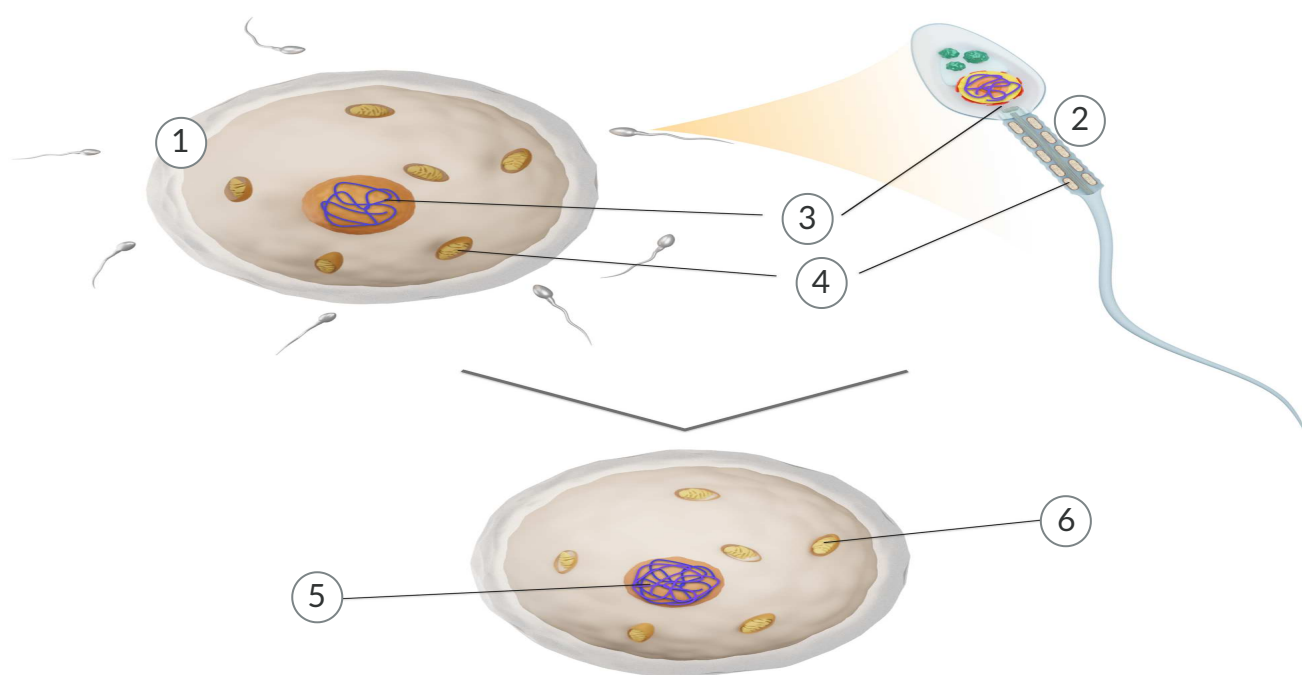


Ludzki genom mitochondrialny zawiera około 16 tysięcy par zasad i łącznie koduje on 37 genów: 13 odpowiedzialnych za podjednostki kompleksów oddechowych, 22 kodujące mitochondrialne tRNA (transportujący RNA) oraz 2 odpowiedzialne za rRNA (rybosomalny RNA). Jedno mitochondrium może zawierać od dwóch do dziesięciu kopii jego DNA.

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

U ssaków, w tym u człowieka, materiał genetyczny, obecny w mitochondriach, dziedziczony jest inaczej, niż ten zawarty w jądrach komórkowych. Geny jądrowe otrzymujemy po obojgu rodzicach, podczas gdy mitochondrialny DNA jest dziedziczony wyłącznie po jednym rodzicu. W przypadku ludzi, matka jest tą, która zapewnia mitochondria w zygocie (jednokomórkowym zarodku), dzięki cytoplazmie komórki jajowej. W związku z czym dziedziczymy mitochondrialny DNA wyłącznie w linii matczynej.

I plemnik i komórka jajowa zawierają mitochondria i jądrowy DNA. Kiedy łączą się one podczas zapłodnienia, powstająca zygota zawiera jądrowy DNA od obojga rodziców, ale posiada mitochondria (zatem też mitochondrialny DNA) tylko z komórki jajowej. W plemniku mitochondria występują we wstawce plemnika, która nie wnika do komórki jajowej.



1

komórka jajowa

2

plemnik

3

DNA w jądrze

4

mitochondrium

5

jądrowe DNA zygoty powstaje z DNA obu komórek – komórki jajowej i plemnika

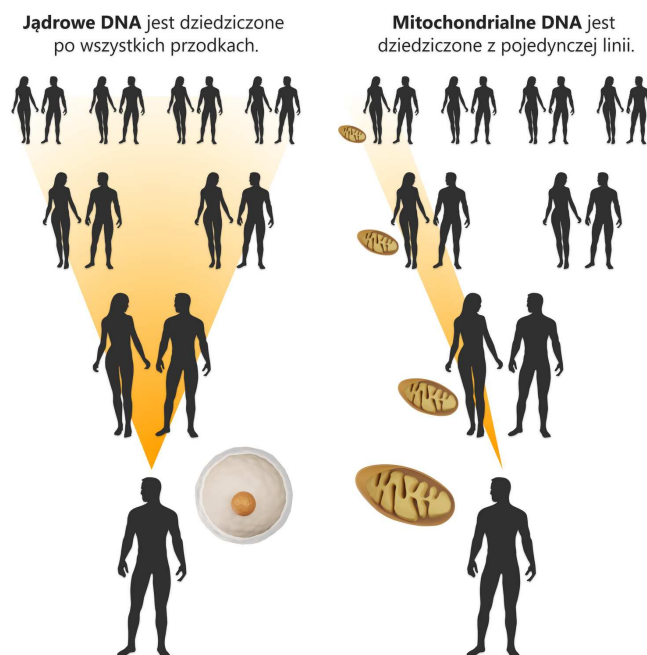
6

mitochondria pochodzą tylko od komórki jajowej (tak samo jak mitochondrialne DNA zygoty)

Plemnik i komórka jajowa zawierają mitochondria i jądrowy DNA. Kiedy łączą się one podczas zapłodnienia, powstająca zygota zawiera jądrowy DNA od obojga rodziców, ale posiada mitochondria (zatem też mitochondrialny DNA) tylko z komórki jajowej.

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

Mężczyzna nie przekazuje swoich mitochondriów potomstwu. Każde z dzieci dziedziczy mitochondrium po matce, ale tylko córki przekazują je dalej. Mitochondria zapewniają możliwość prześledzenia przodków z matczynej linii (linii pochodzenia poprzez nieprzerwany łańcuch żeńskich przodków).



DNA jądrowy jest dziedziczony od wszystkich przodków. Przez trzy pokolenia, pary przodków mają dzieci, prowadząc do dzisiejszych pojedynczych osób, które posiadają jądrowy DNA od ósemki przodków z pokolenia prapradziadków, czwórki przodków z pokolenia dziadków i dwójki rodziców. DNA mitochondrialne jest dziedziczone w pojedynczej linii. Przez trzy pokolenia, pary przodków mają dzieci, prowadząc do jednej osoby obecnie żyjącej, która posiada jądrowe DNA od ósemki przodków z pokolenia pradziadków, czwórki z pokolenia dziadków i dwójki rodziców. Tylko jedna kobieta w każdym pokoleniu jest mitochondrialnym przodkiem obecnie żyjącej osoby: jej matka (pokolenie rodziców), jej matka matki (pokolenie dziadków) i jej matka babki (pokolenie pradziadków).

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

Mitochondrialny DNA – po co go badać i jak go wykorzystać?

Badania DNA mitochondrialnego mogą rozwikłać wiele zagadek genealogicznych i pomóc nam prześledzić wędrówki naszych pramatek. Dzisiaj nauka daje odpowiedzi na wiele pytań zadawanych od wieków. Jednym z nich jest pytanie: skąd pochodzimy?

Mitochondrialna Ewa

Z powodu sposobu przekazywania genów mitochondrialnych oraz badań nad zmiennościami mtDNA w populacji, we współczesnej genetyce pojawiła się hipoteza o istnieniu kobiety, od której pochodzą współcześni ludzie – [mitochondrialnej Ewy](#). Hipoteza ta pozwala na przypuszczenie, że [mitochondrialny DNA](#) jest odziedziczony po przedstawicielce żeńskiej linii ostatniego wspólnego przodka żyjących obecnie ludzi. Uwaga: nie należy mylić ostatniego wspólnego przodka po linii żeńskiej z ostatnim wspólnym przodkiem współczesnych ludzi, ponieważ linie wywodzące się od poszczególnych osobników ulegają wymarciu.

Ze względu na to, że mitochondrialne DNA może pozostać niezmienione przez dziesiątki tysięcy lat, stało się ono narzędziem do śledzenia historii genetycznej całych populacji oraz posłużyło do określenia wieku mitochondrialnej Ewy w badaniach naukowych.

Kluczowa dla współczesnych ludzi jest linia L0 (sekwencja DNA zakodowana wyłącznie w mitochondriach), ponieważ uważa się, że wszyscy żyjący ludzie pochodzą od jednej samicy, która jako pierwsza niosła tę sekwencję. Obliczono, na podstawie podobieństw sekwencji genów, że mitochondrialna Ewa żyła w Afryce około 200 tys. lat temu (z marginesem błędu kilkudziesięciu tysięcy lat). Podczas badań naukowcy zsekwencjonowali około 200 mtDNA linii L0 u rdzennych mieszkańców Afryki. Porównali je następnie z bazą danych, zawierającą ponad 1000 istniejących sekwencji L0. W ten sposób udało się stworzyć jeden z najbardziej kompleksowych schematów, pokazujący, jak starożytna linia rozgałęziła się po Afryce.

1

2

W późniejszym okresie grupa ludności opuściła Afrykę i rozpoczęła kolonizację Eurazji. Podążali

najpierw w kierunku południowej części Półwyspu Arabskiego. Następnie, wzdłuż wybrzeży Oceanu Indyjskiego, do Azji południowo-wschodniej. Część tej ludności skierowała się na północny zachód. Około 45–50 tysięcy lat temu wkroczyła na Bliski Wschód, a stamtąd do Europy. W ciągu ostatnich lat, w ramach projektów naukowych, udało się również przebadać osoby pochodzenia europejskiego i azjatyckiego. Wyniki wielu badań na całym świecie wskazują na to, iż wielka wędrówka rozpoczęła się około 60 tysięcy lat temu.



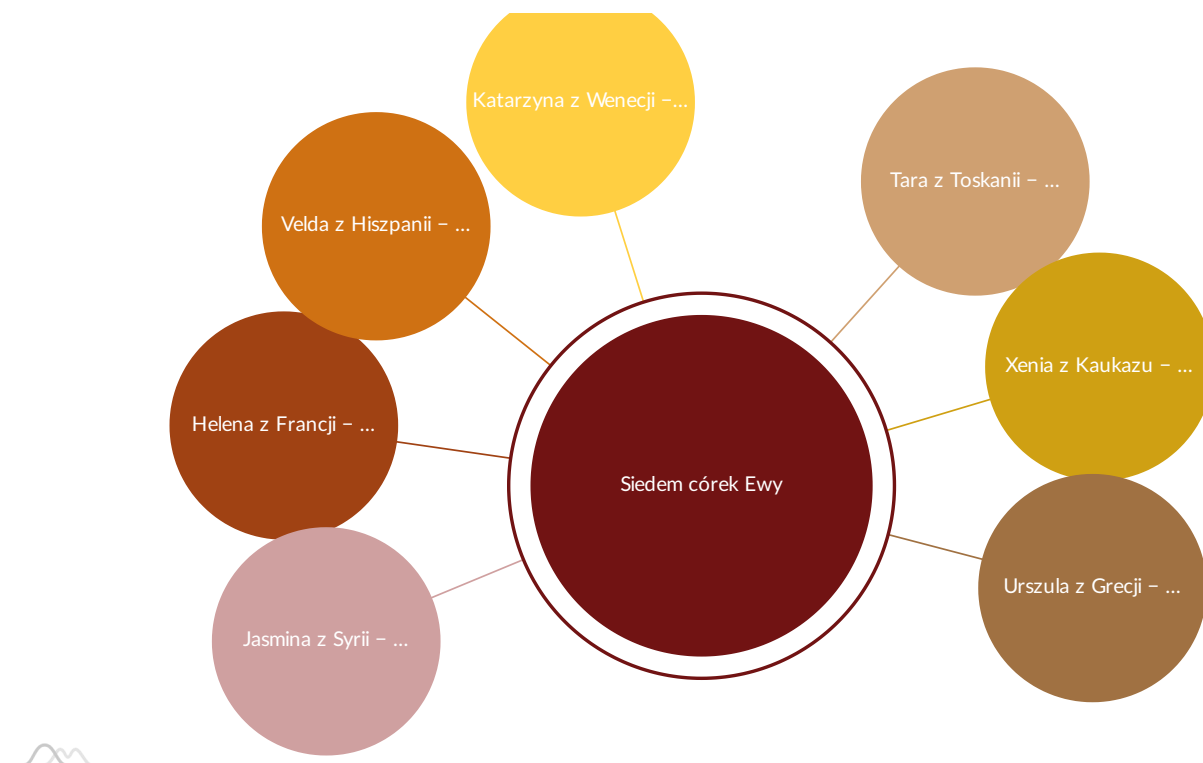
Dzisiaj linia L0 najczęściej występuje u ludu Khoisan – rdzennej grupy żyjącej w południowej Afryce
Ian Beatty, CC BY-SA 2.0. *Wikimedia Commons*

Wiele innych grup afrykańskich ma mtDNA, pochodzący również z tej samej linii. Dzięki badaniom udało się również namierzyć „ojczyznę” *Homo sapiens* – jest nią Makgadikgadi, obecnie solnisko po wyschniętym jeziorze na pustyni Kalahari w Botswanie. Według badań, mitochondrialna Ewa i jej potomkowie zamieszkiwali ten region

przez około 30 000 lat, zanim linia L0 podzieliła się na pierwszą podgrupę. Autorzy badań są również przekonani, że współcześni ludzie mogli mieć wiele „ojczyzn”, z których pochodzą nasze korzenie genetyczne. Linia L0 jest po prostu najlepiej zachowana, dzięki stricte matczynemu pochodzeniu. Badania te mają ogromne znaczenie dla odkrycia filogenezy człowieka – czyli drogi rozwoju rodowego, pochodzenia i zmian ewolucyjnych.

Siedem córek Ewy

Znamy dziś dosyć dokładnie również genetyczne potomstwo Ewy, czyli naszej przodkini, które zasiedliło różne kontynenty. W DNA mitochondrialnym z czasem zachodzą zmiany, które stają się początkiem nowych genetycznych rodów, tzw. haplogrup mitochondrialnych. Naukowcy nadali im nazwy literowe, a następnie imiona córkom mitochondrialnej Ewy.



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

Około 95 proc. dzisiejszych Europejczyków jest potomkami siedmiu pramatek. W Polsce można spotkać bezpośrednich żeńskich potomków każdej z nich. Najczęstszą [haplogrupą](#), stanowiącą około 45 proc. Polaków, są potomkowie Heleny (H).

Słownik

filogeneza

(gr. *phylē* – plemię, *gēnesis* – pochodzenie) rozwój rodowy organizmów; przebieg ewolucyjnego różnicowania organizmów jako rezultat wyodrębniania się nowych linii rozwojowych i wymierania innych

haplogrupa mitochondrialna

grupa sklasyfikowanych mitochondrialnych DNA o wspólnym pochodzeniu i zbliżonych sekwencjach

mitochondrialna Ewa

hipoteza we współczesnej genetyce o istnieniu kobiety, od której pochodzą współcześni ludzie; zakłada ona, że mitochondrialne DNA, żyjących obecnie ludzi, jest odziedziczone po przedstawicielce żeńskiej linii ostatniego wspólnego przodka

mitochondrialny DNA

w skrócie: mtDNA, materiał genetyczny mitochondrii, ma postać kolistych cząsteczek DNA, znajdujących się w macierzy mitochondrialnej (matriksie)

Audiobook

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/P14TAdYtj>

Choć mitochondrialna Ewa żyła około 200 tysięcy lat temu, wciąż pozostaje podmiotem badań wielu naukowców.

Pojęcie „mitochondrialnej Ewy” pochodzi od hipotezy w genetyce, według której wszystkie mitochondria w całej ludzkiej populacji wywodzą się od mitochondriów jednej kobiety. Najprawdopodobniej oznaczałoby to, że ludzie pochodzą z jednej wspólnoty, która narodziła się w Afryce około 200 tysięcy lat temu i stamtąd ruszyła w świat.

Mitochondrium to organelum występujące w większości komórek eukariotycznych. To w nim podczas procesu oddychania komórkowego powstaje większość ATP, adenozyntrifosforanu, który jest źródłem energii dla komórki. Poza jądrem komórkowym, które zawiera większość genomu komórki, czyli kompletnej informacji genetycznej, mitochondrium ma również własny genom, co wyróżnia je spośród innych organelli komórkowych.

Materiał genetyczny mitochondriów ma postać kolistych cząsteczek DNA znajdujących się w macierzy mitochondrialnej, zwanej również matriks. Ludzki genom mitochondrialny ma wielkość około 16 tysięcy par zasad. Łącznie koduje on 37 genów: 13 odpowiedzialnych za podjednostki kompleksów oddechowych, 22 kodujące mitochondrialne tRNA, czyli transportujący RNA, oraz 2 odpowiedzialne za rRNA, czyli rybosomalny RNA.

U ssaków, w tym u człowieka, materiał genetyczny obecny w mitochondriach dziedziczony jest inaczej niż ten zawarty w jądrach komórkowych. Geny jądrowe przekazywane są potomstwu od obojga rodziców, mitochondrialny DNA – wyłącznie od jednego. U ludzi – od matki.

Wprawdzie i plemnik, i komórka jajowa zawierają mitochondria i jądrowy DNA. Kiedy łączą się podczas zapłodnienia, powstaje zygota z jądrowym DNA od obojga rodziców, ale z mitochondrialnym DNA pochodzącym wyłącznie z komórki jajowej. W plemniku mitochondria występują we wstawce, która nie wnika do jaja. Każde

dziecko dziedziczy mitochondrium po matce, ale tylko córki przekazują je dalej. Stąd mitochondria dają możliwość prześledzenia przodków z matczynej linii.

Ze względu na sposób przekazywania genów mitochondrialnych oraz badania nad zmiennościami mitochondrialnego DNA w populacji we współczesnej genetyce pojawiła się hipoteza o istnieniu kobiety, od której pochodzą współcześni ludzie – mitochondrialnej Ewy.

Hipoteza ta zakłada, że mitochondrialny DNA jest odziedziczony po przedstawicielce żeńskiej linii ostatniego wspólnego przodka żyjących ludzi. Ponieważ mitochondrialne DNA może pozostać niezmienione przez dziesiątki tysięcy lat, stało się narzędziem śledzenia historii genetycznej całych populacji. Posłużyło również do określenia wieku mitochondrialnej Ewy w badaniach naukowych.

Kluczowa dla współczesnych ludzi jest linia L0, czyli sekwencja DNA zakodowana wyłącznie w mitochondriach i przekazana przez samicę *Homo sapiens*, która niosła ją jako pierwsza. Na podstawie podobieństw sekwencji genów obliczono, że mitochondrialna Ewa żyła około 200 tysięcy lat temu. Podczas badań naukowcy zsekwencjonowali około 200 mitochondrialnego DNA linii L0 u rdzennych mieszkańców Afryki. Porównali je następnie z bazą danych zawierającą ponad 1000 istniejących sekwencji L0. W ten sposób udało się stworzyć jeden z najbardziej kompleksowych schematów dotyczący rozgałęzienia się starożytnej linii ludzkiej w Afryce.

Dzięki badaniom udało się również namierzyć „ojczyznę” *Homo sapiens* – Makgadikgadi, wyschnięte jezioro, które istniało niegdyś na obszarze pustyni Kalahari w Botswanie. Mitochondrialna Ewa i jej potomkowie zamieszkiwali ten region przez około 30 000 lat, zanim linia L0 podzieliła się na pierwszą podgrupę.

W późniejszym czasie grupa ludzi opuściła Afrykę i rozpoczęła kolonizację Eurazji. Podążała najpierw w kierunku południowej części Półwyspu Arabskiego, następnie wzdłuż wybrzeży Oceanu Indyjskiego do południowo-wschodniej Azji. Część wędrowców skierowała się na północny zachód globu. Około 45–50 tysięcy lat temu wkroczyła na Bliski Wschód, a stamtąd do Europy.

Dzisiaj linia L0 najczęściej występuje u ludu Khoisan, rdzennej grupy żyjącej w południowej Afryce, choć ten mitochondrialny DNA znajduje się u wielu innych grup afrykańskich.

Naukowcy są przekonani, że współcześni ludzie mieli wiele „ojczyzn”, z których pochodzą ich korzenie genetyczne. Linia L0 jest po prostu najlepiej zachowana dzięki stricte matczynemu pochodzeniu. Badania genetyczne mają ogromne znaczenie dla odkrycia filogenezy człowieka, czyli drogi rozwoju rodowego, pochodzenia i zmian ewolucyjnych.

Dość dokładnie poznano również genetyczne potomstwo Ewy, które zasiedliło różne kontynenty. W mitochondrialnym DNA z czasem zachodzą zmiany, które stają się początkiem nowych genetycznych rodów, tzw. haplogrup mitochondrialnych. Siedem córek Ewy to: Helena z Francji, Velda z Hiszpanii, Katarzyna z Wenecji, Tara z Toskanii, Xenia z Kaukazu, Urszula z Grecji oraz Jaśmina z Syrii. Około 95% dzisiejszych Europejczyków to „dzieci” siedmiu pramatek. W Polsce można spotkać bezpośrednich żeńskich potomków każdej nich – najczęstszą haplogrupą, do której należy 45% Polaków, są potomkowie Heleny.

Stosując metody genetyczne o największej możliwej rozdzielczości, takie jak badanie całego mitochondrialnego DNA, możliwe jest odtworzenie ewolucyjnej historii danej osoby z dokładnością zależną od przyjętego zakresu badań. Tym samym możliwe jest odtworzenie ewolucyjnej historii danej osoby z dokładnością zależną od przyjętego zakresu badań – od badań fragmentów mtDNA, pozwalających na określenie przynależności haplogrupowej, aż do badań całego genomu, umożliwiających ustalenie przynależności do najmniejszej podhaplogrupy. Badania DNA mitochondrialnego mogą rozwikłać wiele zagadek genealogicznych i prześledzić wędrówki naszych pramatek, dając odpowiedzi na wiele niewyjaśnionych dotąd pytań.

Mitochondrialna Ewa

Źródło: licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Wyjaśnij, jakie DNA będzie miała komórka potomna w jądrze komórkowym, a jakie w mitochondrium.

Polecenie 2

Zdefiniuj proces dziedziczenia mitochondrialnego DNA, uwzględniając odpowiedź na pytanie: dlaczego mężczyźni nie przekazują mitochondrialnego DNA osobnikom potomnym?

Polecenie 3

Odpowiedz na pytanie, w jaki sposób dochodzi do powstania haplogrup mitochondrialnych i wymień te z nich, od których wywodzi się większość współczesnych Polaków.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Kiedy najprawdopodobniej żyła mitochondrialna Ewa?

- ☐ Około 1 miliona lat temu.
- ☐ Około 200 tysięcy lat temu.
- ☐ Około 500 tysięcy lat temu.
- ☐ Około 20 tysięcy lat temu.

Ćwiczenie 2



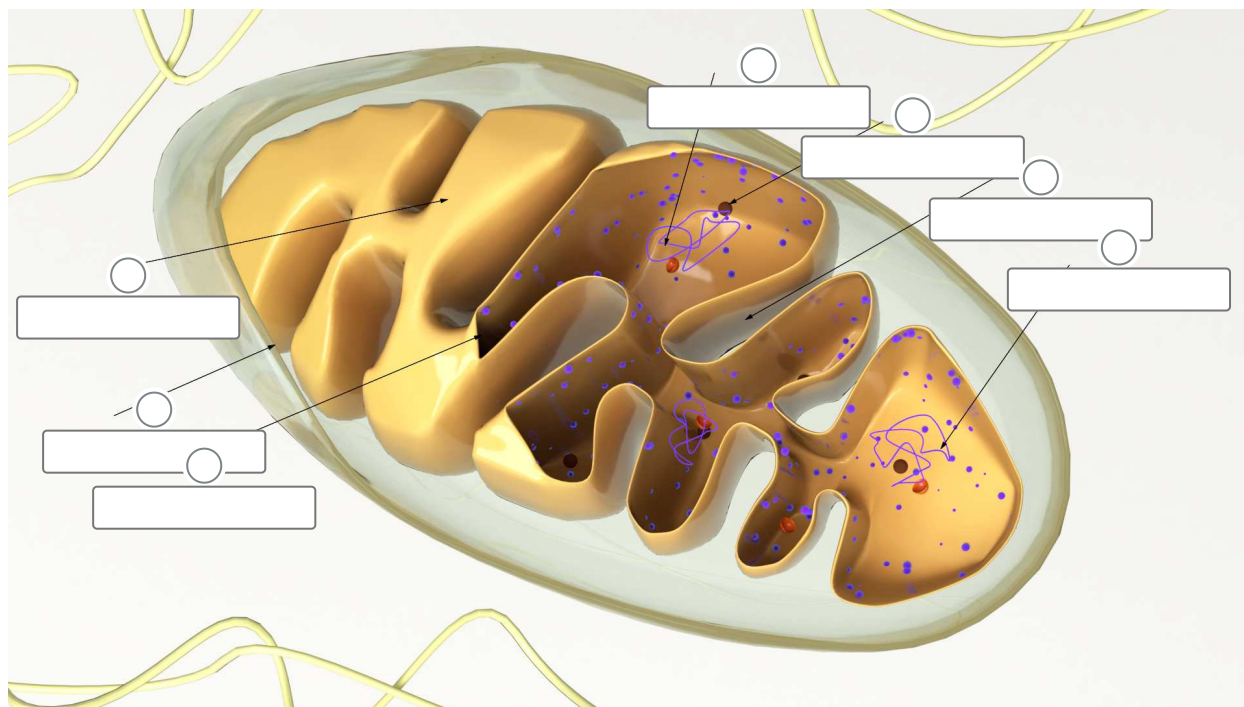
Ile dzieci, i jakiej płci, według stosowanej przez naukowców metody, miała mitochondrialna Ewa?

- ☐ 4 synów
- ☐ 5 córek i 2 synów
- ☐ 7 córek
- ☐ 7 córek i 2 synów

Ćwiczenie 3



Wstaw podpisy.



matriks

grzebień mitochondrium

rybosom

DNA

błona zewnętrzna

błona wewnętrzna

przestrzeń międzybłonowa

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

Ćwiczenie 4



Określ, czy poniższy tekst jest prawdziwy:

Mitochondria posiadają własny genom. Ma on postać liniowych cząstek DNA, zawieszonych w matriksie i zakotwiczonych jednym końcem w wewnętrznej błonie mitochondrium. Mitochondrialny DNA nazywamy w skrócie mtDNA.

Prawdziwy ☐

/ Fałszywy ☐

Ćwiczenie 5



Ułóż w prawidłowej kolejności etapy wędrówki człowieka:

Półwysep Arabski



Wybrzeża Oceanu Indyjskiego



Azja Południowo-Wschodnia



Bliski Wschód



Makgadikgadi



Europa



Ćwiczenie 6



Uzupełnij luki w tekście odpowiednimi liczbami:

Długość ludzkiego genomu mitochondrialnego to około tysięcy par zasad. Łącznie koduje on genów: odpowiedzialnych jest za podjednostki kompleksów oddechowych, koduje mitochondrialne tRNA oraz odpowiedzialne są za rRNA. Jedno mitochondrium może zawierać od do kopii jednego DNA.

2

2

10

37

16

13

22

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, dlaczego DNA mitochondrialne dziedziczone jest wyłącznie w linii żeńskiej, skoro zarówno męskie, jak i żeńskie gamety posiadają mitochondria.

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, co oznacza określenie „mitochondrialna Ewa” i dlaczego jest w nim wspomniane właśnie to organellum.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Mitochondrialna Ewa

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Ewolucja. Uczeń:

18) analizuje różnorodne źródła informacji dotyczące ewolucji człowieka i przedstawia tendencje zmian ewolucyjnych.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XVI. Ewolucja. Uczeń:

21) analizuje różnorodne źródła informacji dotyczące ewolucji człowieka i przedstawia tendencje zmian ewolucyjnych.

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):

- Scharakteryzujesz budowę mitochondrium.
- Wyjaśnisz, czym jest mitochondrialny DNA i w jaki sposób go dziedziczymy.
- Przeanalizujesz, w jakim celu badamy mitochondrialne DNA.
- Opisziesz, kim była mitochondrialna Ewa.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z audiobookiem;
- śniegowa kula;
- gwiazda pytań.

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;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy.

Przed lekcją:

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

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel rozpoczyna pogadankę, zadając pytanie:
– Kim była mitochondrialna Ewa i dlaczego określenie to nawiązuje do mitochondriów?

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Audiobook”).** Uczniowie zapoznają się z audiobookiem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie wykonują polecenia od 1 do 3 metodą kuli śnieżowej.
Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
 - 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. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale. Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, dlaczego DNA mitochondrialne dziedziczone jest wyłącznie w linii żeńskiej, skoro zarówno męskie, jak i żeńskie gamety posiadają mitochondria) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie jako podsumowanie lekcji otrzymują krzyżówkę do rozwiązania (zob. materiały pomocnicze).
2. Omówienie ewentualnych problemów z rozwiązaniem ćwiczeń z sekcji „Sprawdź się”.

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:

- Uczniowie zapoznają się z multimediami w sekcji „Audiobook” i przygotowują do niego pytania. Następnie zadają je sobie nawzajem, sprawdzając stopień przyswojenia jego treści.