



Klonowanie zwierząt

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



W 1958 r. naukowcy otrzymali kijankę żaby szponiastej (*Xenopus laevis*) metodą transplantacji jąder komórkowych z komórek zarodkowych.

Źródło: TimVickers, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Celem klonowania zwierząt jest zazwyczaj powielanie osobników mających pożądane cechy hodowlane. Zwierzęta takie klonuje się, aby mieć pewność, że dana cecha wystąpi u wszystkich osobników potomnych. Klony stosowane są m.in. w rolnictwie, farmacji, medycynie oraz w celu ochrony przyrody.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, na czym polega klonowanie zwierząt.
- Opiszysz klonowanie organizmów metodą transferu jąder komórkowych i metodą rozdziału komórek zarodka na wczesnych etapach jego rozwoju.
- Przedstawisz znaczenie klonowania organizmów.
- Poznasz historię klonowania zwierząt.

Przeczytaj

Czym jest klonowanie?

Klonowanie to proces generowania organizmów mających taką samą informację genetyczną jak dawca. Komórki lub całe organizmy identyczne genetycznie (tzn. o identycznym genotypie) nazywane są klonami.

Klony komórek powstają w wyniku podziału w hodowli *in vitro* jednej, wyjściowej komórki, np. komórki organizmu jednokomórkowego (drożdże, pierwotniaki, bakterie) lub pojedynczej komórki somatycznej (bądź grupy komórek) organizmu o bardziej złożonej budowie (eukarionta).

W biologii molekularnej „klon” oznacza odrębną jednostkę genetyczną, składającą się z komórki gospodarza (zazwyczaj komórka bakteryjna lub drożdżowa) oraz wektora genetycznego ze wstawionym (zrekombinowanym) DNA – taki klon jest ostatecznym produktem klonowania DNA.

Wbrew powszechnemu przekonaniu **klony mogą powstawać drogą naturalną**, niewymagającą zastosowania technik laboratoryjnych. Wegetatywne rozmnażanie się roślin i bezpłciowe rozmnażanie się niektórych zwierząt to nic innego jak naturalne klonowanie – sposób na zwiększenie liczby osobników. Podobnie jest w populacjach komórek bakteryjnych. Naturalnymi klonami są także bliźnięta jednojajowe.

Historia klonowania zwierząt

W 1885 r. Hans Adolf Eduard Driesch wykazał, że w wyniku wstrząśnięcia i rozdzielenia dwukomórkowego embrionu jeżowca morskiego powstają dwie oddzielne komórki, a z każdej z nich rozwija się kompletny organizm. Udowodniono w ten sposób, że każda komórka na wczesnym etapie rozwoju zarodkowego ma własny, kompletny zestaw genetyczny.

W 1935 r. Hans Spemann zaproponował doświadczenie mające polegać na usunięciu jądra komórkowego niezapłodnionej komórki jajowej i zastąpieniu go jądrem z komórki rozwiniętego zarodka.

W 1952 r. Robert Briggs i Thomas King ogłosili, że udało im się wyhodować kilkadziesiąt zarodków żaby lamparciej (*Rana pipiens*) i kilkadziesiąt kijanek dzięki technice transferu jądrowego z komórek jelita kijanki do jaj pozbawionych własnego jądra.

Udane sztuczne klonowanie organizmów wielokomórkowych jako pierwszy przeprowadził John Gurdon w 1958 r. W procesie tym badacz wykorzystał zróżnicowane komórki zarodków i kijanek żaby szponiastej (*Xenopus laevis*).

Pierwszym ssakiem z sukcesem sklonowanym z dorosłych komórek somatycznych była **owca Dolly**, która przyszła na świat w 1996 r. Zwierzę przeżyło niecałe 7 lat, lecz wydało żywe potomstwo – sześcioro jagniąt.

Klonowanie zwierząt

Uzyskiwanie klonów zwierzęcych jest trudne, ponieważ zróżnicowane komórki zwierzęce nie dzielą się w hodowli oraz słabo rozwijają się w tkanki nowego, potomnego organizmu.

Klonowanie zwierząt przeprowadza się z wykorzystaniem dwóch metod: **rozdzielu komórek zarodka** lub **transferu jąder komórkowych**. Pierwsza metoda polega na

rozdziela blastomerów w stadium 2, 4 i 8 komórek. Druga metoda polega na transplantacji jąder komórkowych uzyskanych z zarodka w stadium moruli lub blastuli bądź na pobraniu jądra komórkowego z komórki dojrzałego zwierzęcia i przeniesieniu go do komórki jajowej, uprzednio pozbawionej jądra. Po implantacji jądra taką komórkę jajową wszczepia się do macicy zwierzęcia, gdzie następuje jej dalszy rozwój.

Klonowanie metodą rozdziału komórek zarodka

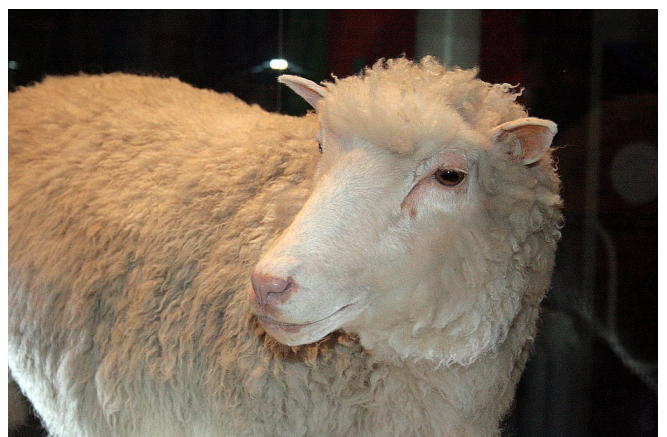
Od momentu zapłodnienia do narodzin w organizmie ssaka zachodzą liczne podziały: zapłodniona komórka jajowa dzieli się na dwie komórki, z których każda dzieli się na dwie kolejne komórki itd. Do pewnego etapu jest możliwe **rozdzielenie dzielących się komórek** i spowodowanie, że każda z nich rozwinie się w niezależny organizm. Tak powstałe organizmy to identyczne pod względem genetycznym **klony**.

Eksperymentalnie udaje się to w stadium 4–8 blastomerów, później komórki nie są już w stanie wytworzyć całego organizmu, ponieważ w trakcie rozwoju zachodzi także [różnicowanie](#). Podczas podziału komórek zarodka uzyskuje się pary lub czwórki komórek, z których może rozwinąć się cały organizm.

Klonowanie metodą rozdziału komórek zarodka.

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

Podczas rozwoju zarodka wyłączane są całe grupy genów i następuje specjalizacja komórek. W pełni wyspecjalizowane komórki występują w tkankach dojrzałego organizmu – są one wysoce przystosowane do pełnienia określonych funkcji i wiele z nich nie może się już dzielić. Do początku 1997 r. (gdy opublikowano pracę o sklonowaniu owcy Dolly) naukowcy uważali, że proces ten jest nieodwracalny i nie można sprawić, by zróżnicowana



Owca Dolly to pierwszy sklonowany ssak z komórki pobranej od dorosłego osobnika.

Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.0.

komórka zaczęła funkcjonować w innej roli niż ta, która została jej przypisana w dorosłym organizmie.

Klonowanie [metodą izolacji blastomerów](#) to rodzaj klonowania metodą rozdziału komórek zarodka. Polega ono na tym, że przy izolacji komórek zarodka pobiera się pojedyncze komórki, a nie pary lub czwórki blastomerów. Dzięki temu możliwe jest otrzymanie bliźniąt, trojaczków, czworaczków, a nawet pięcioraczków.

Klonowanie metodą transferu jąder komórkowych

Do komórki jajowej (na ogół niezapłodnionej) wprowadza się **jądro z innej komórki**, np. jądra komórkowe pobrane z komórek kilkuniedniowego zarodka wprowadza się do innych komórek jajowych, pozbawionych własnego jądra. Rozwiną się z nich zwierzęta, które będą klonami. Metodę tę po raz pierwszy zastosowano u żab, gdyż rozwijają się one poza organizmem matki, co znacznie ułatwiło prowadzenie doświadczeń. Stwierdzono, że można klonować jądra komórek zarodkowych, ale bardzo rzadko udawało się przenieść jądra innych komórek – np. nabłonka jelita dorosłej żaby – do komórki jajowej i wyhodować kijanki.

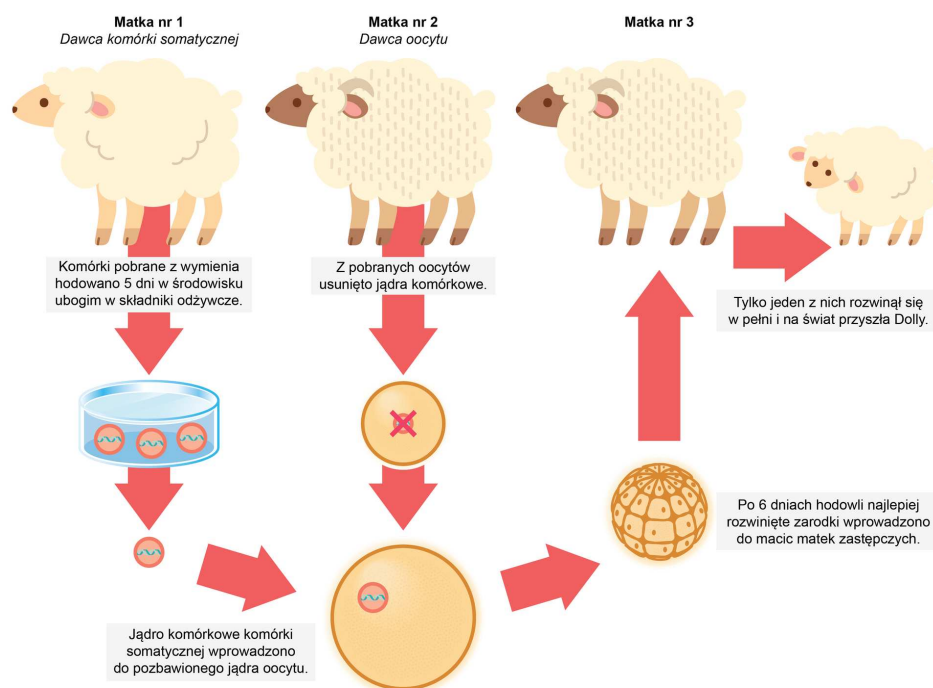
Klonowanie metodą transferu jąder komórkowych.

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

Owca Dolly

W procesie klonowania owiec możliwe było uzyskanie klonów z zarodków kilkukomórkowych zarówno przez rozdzielenie ich na pojedyncze komórki, jak i przez przenoszenie ich jąder komórkowych do niezapłodnionych komórek jajowych (oocytów). Próby klonowania starszych komórek zarodków, bardziej zróżnicowanych, kończyły się niepowodzeniem.

Kluczowe znaczenie w historii klonowania miały narodziny owcy Dolly w 1996 r. Owca ta przyszła na świat w szkockim Instytucie Roslin pod Edynburgiem, gdzie naukowcy pracowali pod kierunkiem Iana Wilmuta i Keitha Campbella. Owca Dolly była klonem, który powstał przez pobranie jądra komórkowego z komórki gruczołu mlecznego dorosłej owcy, a następnie przeniesienie go do oocyty. To, że jądro komórki pobranej z dorosłego zwierzęcia może być zdolne do sterowania rozwojem zarodka, budziło początkowo wątpliwości. Inaczej mówiąc: nie było pewności, czy Dolly jest naprawdę klonem powstałym z komórki dojrzałego organizmu (Dolly była jedyną udaną próbą spośród prawie 300 przeprowadzonych). Ponad rok po ogłoszeniu narodzin Dolly jej twórcy udowodnili, że rzeczywiście jest ona klonem.



Komórkę jajową owcy (matki nr 1) pozbawiono jądra komórkowego, następnie wprowadzono do niej jądro pobrane z komórki gruczołu mlecznego dorosłej owcy (matki nr 2), a otrzymaną w ten sposób zygotę umieszczono na sześć dni w sztucznej hodowli. Po tym czasie zarodek wszczepiono do macicy kolejnej owcy, przygotowanej do ciąży (matki nr 3).

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

Wkrótce po sklonowaniu owcy uczeni z Uniwersytetu Hawajskiego w Mānoa uzyskali kilkadziesiąt klonów myszy, tym razem przez pobranie jąder z komórek pęcherzykowych, które normalnie otaczają komórkę jajową. W tym przypadku sukcesem zakończyło się ponad 1% prób – nie wszystkie przebadane komórki myszy (np. komórki nerwowe, komórki Sertolego) umożliwiały pełny rozwój uzyskanego

zarodka. Pierwsza mysz sklonowana z dojrzałych komórek narodziła się w 1997 r. w laboratorium naukowca Ryuzo Yanagimachiego na Hawajach.

Natomiast uczeni japońscy z zespołu doktora Yukio Tsunody z Uniwersytetu Kindai w 1998 r. donieśli o sklonowaniu cieląt. W wyniku zastosowania komórek pęcherzykowych i komórek wyściółki jajowodu uzyskali bardzo wysoką wydajność klonowania: z dziesięciu zaimplantowanych klonów urodziło się ośmioro cieląt, z czego czworo padło zaraz po porodzie. Prawdopodobnie tylko w części przypadków udaje się odtworzyć stan jądra komórkowego identyczny z zarodkiem. Wydaje się, że przyczyną śmierci zwierząt może być niepełne odblokowanie ekspresji niektórych genów.



W 2000 r. naukowcom udało się po raz pierwszy sklonować małpę – makaka królewskiego (*Macaca mulatta*).

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Klonowanie samic i samców

Zdecydowana większość zwierząt (myszy, krów i owiec) klonowanych z komórek pobranych z dojrzałych organizmów to samice, co wynika z faktu, że komórki związane z komórką jajową (pęcherzykowe czy wyściółka jajnika) oraz komórki gruczołu mlecznego występują tylko u samic.

Dopiero w połowie 1999 r. udało się otrzymać samca sklonowanego z komórek pobranych z ogona dojrzałej myszy.

Znaczenie klonowania zwierząt

Doświadczenia nad klonowaniem zwierząt mają duże znaczenie w wielu dziedzinach.

Słownik

faza G₀

faza spoczynku; faza cyklu komórkowego, podczas której komórki zaprzestają aktywności podziałowej; niektóre z nich mogą znów zacząć się dzielić, a niektóre (po zróżnicowaniu się) nie powrócą już nigdy do podziału komórkowego

klony

komórki lub całe organizmy identyczne genetycznie (tzn. o identycznym genotypie)

klonowanie

proces generowania identycznej genetycznie kopii komórki lub organizmu

klonowanie DNA

zespół technik służących do trwałej izolacji i namnożenia zdefiniowanego odcinka DNA (lub repliki informacji genetycznej pochodzącej z RNA; cDNA), zawierającego zazwyczaj określony gen

metoda izolacji blastomerów

metoda klonowania, w której podczas izolacji komórek zarodka pobiera się pojedyncze komórki, a nie pary lub czwórki blastomerów

różnicowanie komórek, dyferencjacja, cytodyferencjacja

proces zmian strukturalnych i czynnościowych komórek, prowadzący do przekształcenia komórek niezróżnicowanych lub nisko zróżnicowanych o wyższej potencji rozwojowej w bardziej zróżnicowane, wyspecjalizowane komórki o niższej potencji rozwojowej

Audiobook

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

Klonowanie zwierząt

Wraz z rozwojem metod inżynierii genetycznej naukowców zafascynowała możliwość klonowania zwierząt. Pod pojęciem klonowania należy rozumieć różnego typu metody eksperymentalne prowadzące do uzyskania klonu, czyli organizmu powstałego w wyniku podziałów mitotycznych komórki, o identycznym genomie jak macierzysta. W przyrodzie proces klonowania zachodzi bardzo często – można tym pojęciem objąć praktycznie każdy typ rozmnażania bezpłciowego, w którym powstają identyczne genetycznie osobniki. Jako klony można również określić bliźnięta jednojajowe, czyli monozygotyczne, ponieważ rozwinęły się z jednej zygoty. W przeciwieństwie do bliźniąt dwujajowych mają one identyczny genom.

Obecnie pojęcie klonowania organizmów odnoszone jest tylko do technik genetycznych, w wyniku których powstaje jeden lub więcej organizmów identycznych genetycznie z organizmem rodzicielskim. Zainteresowanie naukowców klonowaniem ma głównie związek z procedurami medycznymi – możliwość uzyskania dużej liczby komórek macierzystych do przeszczepów stanowi jeden z głównych nurtów w inżynierii genetycznej.

Naukowcy podejmowali próby klonowania zwierząt już w latach 50. ubiegłego wieku. Pierwszymi organizmami wykorzystywanymi do tego celu były żaby. Wybrano je ze względu na łatwość pozyskania w dużych ilościach przezroczystego skrzelu, w którym wyraźnie widać jądra komórkowe. Eksperymenty prowadzili Robert Briggs i Thomas King (w 1952 roku), a potem John Gurdon (w 1958). Badacze ci chcieli sprawdzić, czy możliwy jest rozwój gamet, do których przeniesiono jądro z innej komórki zróżnicowanej. Pierwsze próby polegały na usunięciu jądra z komórki zarodkowej i wstawieniu go do komórki jajowej, z której uprzednio też usunięto jądro.

Wykorzystywana technika nie była zbyt zaawansowana, ale w roku 1958 John Gurdon odniósł sukces. Badaczowi udało się pobrać nienaruszone jądro komórkowe z komórki jelita kijanki żaby z rodzaju *Xenopus* i zastąpić nim jądro komórki jajowej. W ten sposób uzyskano identyczną genetycznie kopię kijanki – sklonowano ją. Gurdon podejmował również próby przeniesienia jądra z komórek dorosłych osobników, ale w tym przypadku dalszy rozwój komórki jajowej nie zachodził. Wynikało to z zahamowania ekspresji różnych genów w wyspecjalizowanych komórkach i tym samym wstrzymania

procesów rozwoju zarodkowego. Doświadczenia te stanowiły podwalinę do rozwoju technologii hodowli komórek macierzystych. W 2012 roku Gurdon został uhonorowany Nagrodą Nobla w dziedzinie „Fizjologia lub medycyna” za udowodnienie, że dojrzałe komórki można przeprogramować w komórki pluripotenne (komórki macierzyste).

Taka metoda klonowania nazywana jest transplantacją jąder komórkowych.

Wykorzystywana była również do klonowania ssaków i polegała na pobieraniu jądra komórkowego z wczesnych zarodków różnych gatunków. Jednak nie jest to jedyna metoda, która umożliwia uzyskanie klonu. W 1997 roku cały świat obiegnęła informacja o sklonowaniu owcy Dolly przez szkockich naukowców (Iana Wilmuta i Keitha Campbella z zespołem), którzy przenieśli jądro komórkowe ze zróżnicowanej komórki dorosłej owcy do komórek jajowych pozbawionych jądra, pochodzących od innej owcy.

Wykorzystali zróżnicowane komórki gruczołu mlekowego, które następnie hodowali na bardzo ubogiej w składniki odżywcze pożywce. Wskutek stanu długotrwałego głodu w komórkach zahamowany został cykl komórkowy i uległy one odróżnicowaniu. Na tym etapie pobrano z nich jądra i wprowadzono je do komórki jajowej. Tak uzyskany zarodek wszczepiono do macicy owcy będącej matką zastępczą. Do tego procesu wykorzystano setki komórek, ale tylko jedna z nich rozwinęła się prawidłowo i dała początek owcy Dolly. Interesujący jest fakt, że do komórki jajowej przeszczepiono tylko jądro z innej komórki. Natomiast pozostałe elementy komórki, w tym mitochondria, również zawierające DNA, pochodziły z wykorzystanej komórki jajowej. Owca Dolly nie doczekała niestety starości – w wyniku komplikacji zdrowotnych, będących być może efektem procesu klonowania, została uśpiona w wieku 6 lat.

Od momentu tego eksperymentu przeprowadzono klonowanie wielu ssaków, głównie hodowlanych. Było to tak zwane klonowanie reprodukcyjne, czyli mające na celu uzyskanie nowych osobników. Wiele z powstałych klonów różniło się między sobą zachowaniem, a nawet wyglądem, mimo tego samego genomu. Tak było na przykład u sklonowanej kotki o trójkolorowym umaszczeniu. Jej matka również cechowała się takim umaszczeniem, ale obie kotki różniły się między sobą układem poszczególnych plamek. Wynika to z obecności zawsze dwóch alleli danego genu, z których tylko jeden ulega aktywacji, a więc nawet identyczne genetycznie osobniki mogą wykazywać pewne różnice.

Oprócz klonowania reprodukcyjnego wyróżnia się klonowanie terapeutyczne, którego celem jest hodowla materiału transplantacyjnego, czyli tkanek lub narządów (na bazie komórek ciała biorcy) przeznaczonych do przeszczepu, a także diagnostyka preimplantacyjna, czyli diagnostyka w kierunku występowania wad genetycznych oraz mutacji genów w zarodkach, które powstały w wyniku zapłodnienia pozaustrojowego (in vitro).

Kolejną techniką klonowania jest metoda izolacji blastomerów, która polega na rozdzieleniu zarodka znajdującego się w stadium od 2 do 8 blastomerów. Hodowla w specjalnej pożywce pozwala na wyizolowanie każdego z blastomerów, a następnie uzyskanie z nich zarodków w stadium blastocysty, wszczepianych do macicy samicy zwierzęcia. Metoda ta nie zawsze jest skuteczna. Prowadzi się również badania nad fizycznym podziałem zarodków w stadium moruli lub blastocysty, z wykorzystaniem skalpela. Wykazano sukces tej metody przy podziale zarodka na dwie części, które rozwijały się następnie niezależnie od siebie. Nie udało się jednak uzyskać więcej niż dwóch klonów naraz.

Proces klonowania zwierząt niesie ze sobą wiele trudności, ale także liczne kontrowersje etyczne. Jednym z problemów jest to, że w trakcie hodowli nie udaje się uzyskać dzielenia się zróżnicowanych komórek zwierzęcych. Sam proces klonowania i rozwoju uzyskanego zarodka komplikowany jest przez wiele zaburzeń, takich jak brak możliwości zagnieżdżenia się zarodka w macicy, nieprawidłowa funkcja łożyska, poronienia, przedwczesne urodzenia, wystąpienie wad genetycznych. Ponadto żywotność klonów jest niższa oraz mogą się one cechować zaburzeniami wzrostu, działania układu immunologicznego i defektami narządów wewnętrznych. Z punktu widzenia ewolucji sztuczne tworzenie identycznych osobników nie jest korzystne, ponieważ ogranicza zmienność międzyosobniczą i zdolność dostosowania się do warunków środowiska. Zarówno klonowanie terapeutyczne, jak i klonowanie reprodukcyjne wiążą się z uśmiercaniem zarodków, które nie spełniają określonych oczekiwań lub są źródłem materiału transplantacyjnego.

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

Polecenie 1

Wymień trzy pozytywne i trzy negatywne skutki klonowania.

Polecenie 2

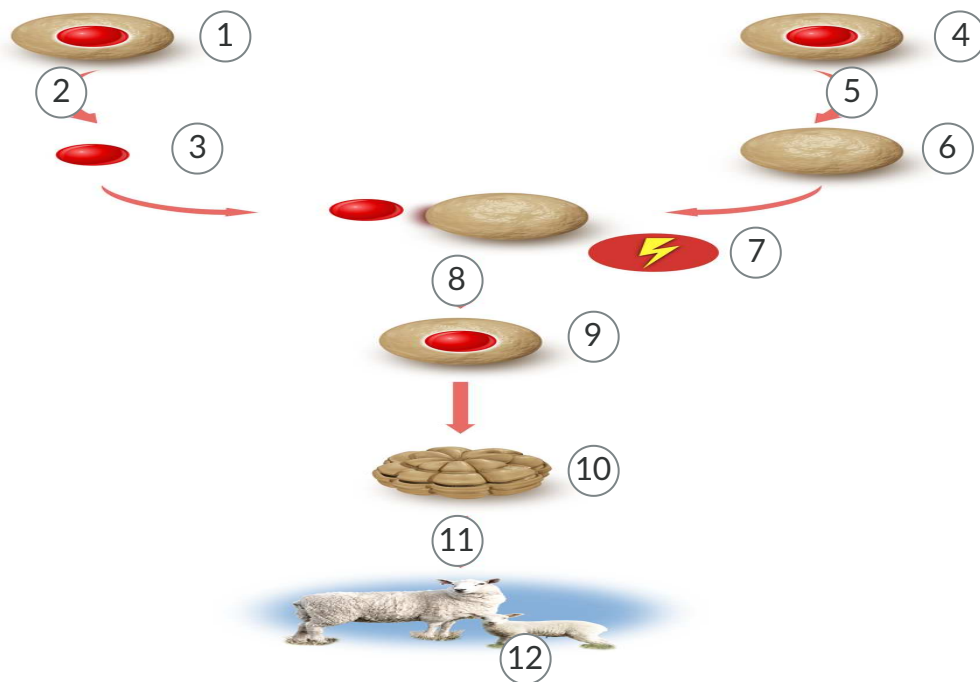
Na podstawie audiobooka wyjaśnij, na czym polega klonowanie metodą transplantacji jąder komórkowych.

Polecenie 3

Na podstawie audiobooka wyjaśnij, na czym polega klonowanie metodą izolacji blastomerów.

Grafika interaktywna

Klonowanie ssaków



1

Komórka gruczołu mlekowego

2

Usunięcie składników odżywczych

3

Jądro dawcy w fazie G_0

4

Oocyt w metafazie II mejozy

5

Usunięcie jądra komórkowego

6

Komórka jajowa pozbawiona jądra komórkowego

7

Impuls elektryczny

8

Przeniesienie jądra komórkowego pochodzącego z komórki gruczołu mlekowego do komórki jajowej

9

Komórka jajowa z wprowadzonym jądrem komórkowym z komórki gruczołu mlekowego

10

Zarodek

11

Przeniesienie zarodka do macicy matki zastępczej

12

Jagnię

Polecenie 1

Wyjaśnij, dlaczego w klonowaniu stosowany jest impuls elektryczny.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego komórka dawcy znajduje się w fazie G_0 .

Dla nauczyciela

Autor: Agnieszka Pieszalska, Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Klonowanie zwierząt

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VIII. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Uczeń:

7) opisuje klonowanie organizmów i przedstawia znaczenie tego procesu;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Uczeń:

8) opisuje klonowanie organizmów metodą transferu jąder komórkowych i metodą rozdziału komórek zarodka na wczesnych etapach jego rozwoju oraz przedstawia zastosowania tych metod;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Wyjaśnisz, na czym polega klonowanie zwierząt.
- Opiszysz klonowanie organizmów metodą transferu jąder komórkowych i metodą rozdziału komórek zarodka na wczesnych etapach jego rozwoju.
- Przedstawisz znaczenie klonowania organizmów.
- Poznasz historię klonowania zwierząt.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- rozmowa kierowana;
- praca z audiobookiem;
- analiza grafiki interaktywnej;
- mapa myśli;
- drzewko decyzyjne.

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;
- drzewko decyzyjne (zob. materiały pomocnicze).

Przed lekcją:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. Nauczyciel zadaje pytania:
 - Co to jest klonowanie?
 - W jakim celu klonuje się organizmy?

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią audiobooka zawartego w e-materiale.

2. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i prosi ich, by na podstawie e-materiału opracowali mapę myśli dotyczącą przydzielonych zagadnień:

- grupa I – klonowanie metodą rozdziału komórek zarodka;
- grupa II – klonowanie metodą transferu jąder komórkowych. Grupy otrzymują po dwa arkusze papieru i na jednym z nich sporządzają mapę myśli. Następnie wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali otrzymane zagadnienia. Eksperti zamieniają się grupami (I z III, II z IV) i przekazują zdobytą wiedzę. Uczniowie z drugiej grupy robią na drugim arkuszu notatki w formie mapy myśli, porządkując informacje przekazywane przez eksperta. Po upływie wyznaczonego czasu eksperci wracają do swoich grup. Grupy prezentują wyniki swojej pracy, nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.

3. Nauczyciel rozdaje grupom kartki z drzewkiem decyzyjnym (zob. materiały pomocnicze). Omawia przedmiot ich rozważań. Uczniowie, pracując w grupach, szukają pozytywnych i negatywnych skutków klonowania zwierząt. Następnie wypracowują wspólnie decyzję dotyczącą ich rozważań. Grupy prezentują swoje drzewka decyzyjne.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną i wykonują polecenia. Ochotnicy przedstawiają swoje odpowiedzi na forum klasy.

Praca domowa:

- Wykonaj polecenia od 1 do 3 z sekcji „Audiobook”.

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.

Materiały pomocnicze:

Klonowanie zwierząt – drzewko decyzyjne.
Plik o rozmiarze 69.88 KB w języku polskim

- 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.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania audiobooka:

Nauczyciel może wykorzystać audiobook na lekcji powtórzeniowej.