



Odporność zwierząt bezkręgowych i kręgowców

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



Odporność zwierząt bezkręgowych i kręgowców

Surykatka szara (*Suricata suricatta*) należy do kręgowców. Jest w stanie zapolować na najbardziej jadowitego węża ponieważ jej układ odpornościowy nauczył się neutralizować jego jad.

Źródło: Unsplash, domena publiczna.

Układ odpornościowy (immunologiczny) to zbiór mechanizmów, który chroni zwierzęta przed chorobami, identyfikując i neutralizując zagrażające nam bakterie, wirusy i inne czynniki chorobotwórcze. Pierwszą (i jedyną) linią obrony organizmów bezkręgowych jest dziedziczona z pokolenie na pokolenie **odporność wrodzona**. Za to organizmy kręgowców chroni jeszcze jedna bariera – **odporność nabyta**. Kształtuje się ona w trakcie życia, również z pomocą szczepionek.

Twoje cele

- Poznasz mechanizmy kształtowania się odporności wrodzonej i nabytej.
- Dowiesz się, czym i dlaczego różnią się układy odpornościowe kręgowców i bezkręgowców.
- Poznasz reakcje immunologiczne organizmu – komórkową i humoralną.

Bezkręgowce

Bezkręgowce jako grupa zwierząt ewolucyjnie starsza od kręgowców posiada prostsze mechanizmy odpornościowe. Z tego powodu mają prostsze mechanizmy odpornościowe. Ograniczają się one do [odporności wrodzonej](#). Ich pierwszą i najważniejszą częścią są **powłoki ciała**, których zadaniem jest zatrzymanie patogenów na zewnątrz organizmu.

Kiedy powłoki zawiodą – patogeny napotkają kolejną linię obrony: [komórki immunokompetentne](#) obecne w płynach ciała bezkręgowców. Są nimi m.in. hemocyty i celomocyty (amebocyty, eleocyty), które mogą przeprowadzać fagocytozę patogenów oraz syntetyzować czynniki humoralnej, wrodzonej odpowiedzi immunologicznej.

Jednym z ważniejszych mechanizmów odpowiedzi humoralnej uczestniczących w eliminacji patogenów jest **układ profenoloksydazy**. Profenoloksydaza występuje w obrębie komórek immunokompetentnych. Wykrycie przez te komórki patogenów, a także zranienie lub przerwanie ciągłości tkanki uruchamia [kaskadę reakcji](#) prowadzących do powstania substancji zaangażowanych w obronę organizmu. Do najważniejszych należą opsoniny, proteinazy oraz melanina.

Opsoniny

Opsoniny to białka **opłaszczające** patogeny. Wykrywają one [antygeny](#) bakterii, wirusów i innych czynników chorobotwórczych. Opłaszczając je, ułatwiają komórkom odpornościowym ich fagocytozę. Opłaszczanie nazywa się opsonizacją, stąd też nazwa tej grupy cząsteczek.

Proteinazy

Melanina

Aktywacja profenoloksydazy wpływa dodatnio na obronę komórkową, poprzez wspomaganie fagocytozy oraz ułatwia leczenie zranień. Układ profenoloksydazy pełni funkcję podobną do funkcji [układu dopełniacza](#) u kręgowców. Oba systemy należą do odpowiedzi wrodzonej, humoralnej.

Kręgowce

Kręgowce mają bardziej rozbudowany układ immunologiczny od bezkręgowców, bo oprócz odporności wrodzonej mają też i **nabytą**.

Odporność wrodzona (nieswoista) kręgowców opiera się na podobnych mechanizmach jakie występują u bezkręgowców. Przede wszystkim są to bariery fizyczne (mechaniczne). Należy do nich skóra (naskórek, który jest wielowarstwowy i regularnie się złuszcza), komórki błon śluzowych układu oddechowego i pokarmowego oraz moczowo-płciowego. Odporność wrodzona jest dodatkowo wspomagana wydzielinami takimi, jak łzy, ślina, pot, wydzielina gruczołów łojowych, soki żołądkowe – wszystkie one zawierają substancje niszczące obce bakterie, wirusy i inne cząsteczki. W skład odporności wrodzonej wchodzi też komórki układu immunologicznego: żerne – makrofagi, granulocyty i komórki dendrytyczne. Tak jak u bezkręgowców i tu komórki żerne przeprowadzają fagocytozę, usuwając z organizmu komórki bakteryjne i własne martwe komórki organizmu.

Słabą stroną odporności wrodzonej jest, że nie ma ona **pamięci immunologicznej**, czyli nie uczy się przeciwstawiania kolejnym, nowym zagrożeniom, np. nowym mutacjom wirusów. Taką zaletą wykazuje się za to **oporność nabyta (swoista, adaptacyjna)**. Zapamiętuje pojawienie się nowego antygeny, dzięki czemu podczas kolejnego kontaktu z nim reakcja organizmu jest bardziej skuteczna.

Odpowiedź nabyta ma dwa mechanizmy działania. W **odpowiedzi komórkowej zabijane są komórki** z antygenem rozpoznany przez limfocyty T. Mogą to być obce lub własne komórki, na przykład zainfekowane wirusem lub te, które dotknęły zmiany nowotworowe. W tej fazie główną rolę pełnią limfocyty cytotoksyczne. Litera T oznacza tutaj grasicę (ang. *thymus*) i odnosi się do miejsca ich dojrzewania.

Odpowiedź humoralna polega na wytworzeniu przeciwciał, które mają walczyć z rozpoznany antygenem. Przeciwciała, czyli immunoglobiny, to białka, które mają zdolność wyeliminowania antygeny. Podczas odpowiedzi humoralnej limfocyty B namnażają się i dzielą. W ten sposób powstaje mnóstwo limfocytów, które wiedzą, jakiego przeciwciała potrzebuje organizm. Litera B oznacza tu szpik kostny (ang. *bone marrow*).

Limfocyty B, które po podzieleniu się tworzą mnóstwo przeciwciał, to plazmocyty. Te limfocyty B, które przeciwciał nie produkują, stanowią komórki pamięci immunologicznej. Jeśli dany antygen pojawia się w organizmie po raz pierwszy, uruchamia się pierwotna odpowiedź immunologiczna. Jeżeli zaś pojawił się już kiedyś, zostaje dzięki komórkom pamięci prędko rozpoznany – reakcja organizmu jest błyskawiczna, a liczba przeciwciał znacznie większa, dzięki czemu nie dochodzi do zachorowania. Ten proces to wtórna odpowiedź immunologiczna.

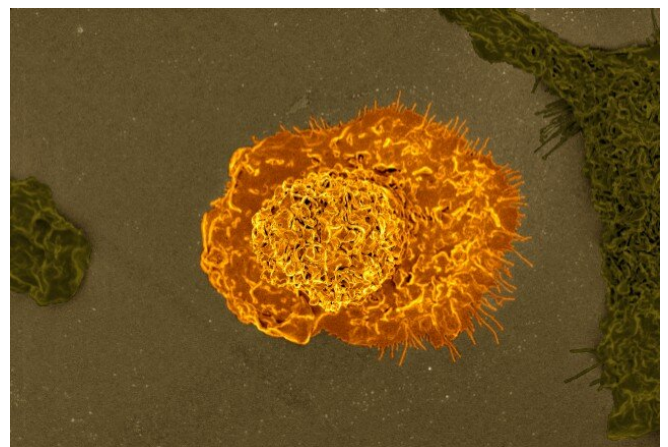
Limfocyty T

Typy limfocytów T:

- **Treg** regulują odpowiedź odpornościową poprzez hamowanie nadmiernej reakcji przeciwzapalnej. Chronią organizm przed autoagresją, podnosząc poziom tolerancji na antygeny pochodzące z zewnątrz, m.in. zabezpieczają odrzucenie płodu przez organizm matki.
- **Th** to limfocyty pomocnicze. Wspomagają odpowiedź humoralną i komórkową poprzez bezpośredni kontakt oraz wydzielanie cytokin.
- **Tc** to limfocyty cytotoksyczne. Są odpowiedzialne za niszczenie komórek zakażonych przez drobnoustroje oraz za niszczenie komórek nowotworowych.

Limfocyty B

Makrofagi są komórkami żernymi, których główną rolę w organizmie człowieka jest przeprowadzanie fagocytozy, czyli pochłaniania i niszczenia między innymi drobnoustrojów, mikroorganizmów oraz uszkodzonych, nieprawidłowych lub obumierających komórek. Odgrywają one bardzo istotną rolę w reakcji odpornościowej organizmu człowieka (zarówno wrodzonej, jak i nabytej), rozpoczynają i regulują proces zapalny, niszczą drobnoustroje, a także eliminują nieprawidłowe komórki (np. nowotworowe) i inicjują proces regeneracji tkanek.



Makrofag widoczny w skaningowym mikroskopie elektronowym.

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

Słownik

antygeny

struktury makrocząsteczkowe (najczęściej glikoproteiny) rozpoznawane przez limfocyty, indukujące odpowiedź immunologiczną i reagujące z produktami tej odpowiedzi: uczulonymi limfocytami i/lub przeciwciałami; rozróżnia się antygeny własne (składniki organizmu) i obce

kaskada reakcji

łańcuch reakcji chemicznych, w której produkt jednej jest substratem kolejnej. Istotne z punktu widzenia organizmu mogą być albo tylko ostateczne produkty całej kaskady, albo także produkty poszczególnych etapów, które będą wtedy miały większe znaczenie niż tylko bycie substratami kolejnych

komórki immunokompetentne

komórki układu odpornościowego swoiście rozpoznające antygen

odporność nabyta

mechanizmy, które organizm wykształca lub otrzymuje z czasem. Zaliczają się do nich np. limfocyty T i B, przeciwciała oraz wynikające z ich działania reakcje immunologiczne

odporność wrodzona

system zabezpieczeń zapobiegający wnikaniu do organizmu wszelkich czynników chorobotwórczych, które mogłyby zaburzyć jego równowagę. Odpowiedź immunologiczna na atak czynników chorobotwórczych jest natychmiastowa i zawsze taka sama. Uczestniczą w niej komórki żerne oraz rozmaite substancje bakteriobójcze, np. lizozym. Jest nieswoista, czyli nie jest nacelowana na konkretny rodzaj patogenu, rozpoznaje cechy wspólne dla wielu patogenów

pamięć immunologiczna

właściwość układu immunologicznego organizmu polegająca na szybszym i swoistym reagowaniu przy kolejnym kontakcie z danym antygenem

układ dopełniacza

element nieswoistej odpowiedzi odpornościowej; układ około 40 białek zawarty w surowicy krwi kręgowców; efektem jego działania jest śmierć patogenów

Audiobook

Ćwiczenie 1

Na podstawie audiobooka wykonaj poniższe polecenia.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/P49emJBfw>

Odporność zwierząt bezkręgowych i kręgowców

Za zdolność organizmów do obrony przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi odpowiedzialny jest układ immunologiczny, który składa się z dwóch rodzajów odporności:

nieswoistej, czyli wrodzonej, którą tworzą bierne bariery zabezpieczające organizm przed wnikaniem patogenów, takie jak naskórek i błony śluzowe oraz kwasowość soków żołądkowych, oraz czynne mechanizmy usuwania drobnoustrojów i zanieczyszczeń: kaszel, kichanie, wymioty i fagocytoza patogenów przez komórki odpornościowe. swoistej, czyli nabytej, specyficznej, która powstaje po kontakcie z danym antygenem i skierowana jest na konkretny antygen. Dzieli się ją na bierną – kiedy organizm otrzymuje przeciwciała podane w surowicy – i czynną, komórkową i humoralną, powstającą po kontakcie z antygenem – po przebytej chorobie lub szczepieniu.

Oba rodzaje odporności występują u kręgowców. Bezkręgowce, organizmy filogenetycznie starsze od kręgowców, dysponują jedynie mechanizmami odporności wrodzonej. Występuje u nich jednak specyficzna pamięć immunologiczna.

Pierwszym mechanizmem ich odporności są po prostu powłoki ciała – ciągłe i nieprzerwane zamykają patogenom drogę wnikania. Ich najważniejszą linię obrony tworzy układ profenoloksydazy – odpowiedź humoralna, której działanie warunkują specjalne substancje zawarte w płynach ustrojowych. Końcowy produkt aktywacji profenoloksydazy to melanina. Poza nadawaniem barwy organizmom i ochroną przed promieniowaniem UV pełni funkcje odpornościowe. Utwardza oskórki, na przykład u stawonogów, i zwalcza patogeny. Unieszkodliwianie chorobotwórczych drobnoustrojów warunkuje obecność melaniny w komórkach immunokompetentnych, hemocytach i celomocytach, w kutikuli lub samym osoczu. Do aktywacji profenoloksydazy doprowadzić mogą, oprócz obecności patogenów – ich znaczników molekularnych, peptydoglikanów czy liposacharydów, także przerwanie błon komórkowych czy uszkodzenie tkanek. Celomocyty wydzielają substancje hormonalne reperujące uszkodzenia i niszczące patogeny na drodze aglutynacji, czyli zlepianiu ich, lub opłaszczaniu. Aktywna profenoloksydaza powoduje odcinanie chorobotwórczych drobnoustrojów od środowiska

wewnętrznego organizmu: dzięki powstającej melaninowej otoczce zostają one zabite i w postaci niewielkiej, około dwumilimetrowej, grudki usunięte z ustroju.

Reakcje odpornościowe kręgowców dzielą się na dwie grupy: humoralne, polegające na produkcji przeciwciał aglutynujących antygeny patogenów, i reakcje komórkowe, w których działają komórki układu odpornościowego niszczące patogeny. Przeciwciała to białkowe immunoglobuliny wytwarzane przez limfocyty B i plazmocyty, mające zdolność do łączenia się z antygenami, na przykład patogennymi białkami komórkowymi, enzymami, hormonami, kwasami nukleinowymi.

Wśród komórek odpowiedzi immunologicznej wyróżnia się nefagocytozujące i przeprowadzające fagocytozę. Do grupy nefagocytozującej zalicza się: limfocyty B, które rozpoznają antygen i produkują przeciwciała, plazmocyty wytwarzające przeciwciała, limfocyty Th, które wspomagają odpowiedź immunologiczną, produkując modulujące ją cytokiny, limfocyty T regulatorowe – tłumią odpowiedź immunologiczną przez wydzielanie hamujących cytokin lub supresorowo oddziałując na błony komórkowe, limfocyty T cytotoksyczne – zabijają patogeny wewnątrzkomórkowe, wirusy, i komórki nowotworowe.

Proces fagocytozy przeprowadzają: monocyty, makrofagi, neutrofile, które fagocytyują obumarłe komórki i patogeny, oraz eozynofile zwane pasożytnoścami.

Produkcja przeciwciał to humoralna, immunologiczna odpowiedź organizmu na kontakt z patogenem. Makrofagi fagocytyują patogeny i trawią je, a następnie umieszczają cząsteczki antygenów bakteryjnych na powierzchni błony komórkowej i prezentują je limfocytom B, pobudzając je do namnażania. Limfocyty B wydzielają substancje aktywizujące makrofagi do podziałów. Informacja o budowie patogennych białek jest następnie przekazywana z limfocytów B na plazmocyty, z których niektóre – krążąc w układzie krwionośnym i kontaktując się z patogenem – wydzielają przeciwciała. Część plazmocytów przekształca się w komórki pamięci, które zatrzymują informację o budowie antygenowego białka, i w przyszłości w razie ponownego kontaktu z tym antygenem wytworzą przeciwciała.

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

Polecenie 1

Porównaj mechanizmy odporności występujące u bezkręgowców i kręgowców. Wskaż podobieństwa i różnice.

Polecenie 2

Opisz działanie układu profenoloksydazy.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród podanych sytuacji wybierz te, w których aktywowany jest układ profenoloksydazy stanowiący jeden z najważniejszych mechanizmów odporności wrodzonej u bezkręgowców.

☐ Zniszczenie błon komórkowych.

☐ Uszkodzenie tkanek.

☐ Wykrycie antygeny patogenu.

☐ Podwyższenie temperatury otoczenia.

Ćwiczenie 2



Do produktów kaskady reakcji wywołanej aktywowaniem układu profenoloksydazy dopasuj odpowiednie funkcje.

Opsonina

Opłaszcza antygeny wirusów i bakterii, przez co umożliwia komórkom odpornościowym ich fagocytozę.

Melanina

Jej warstwa pokrywa zlepione patogeny, prowadząc do ich śmierci.

Proteinaza

Białko, które niszczy inne białka przez ich cięcie.

Ćwiczenie 3

U zwierząt występuje odporność komórkowa wrodzona i nabyta, zachodząca przy udziale  różnych komórek. Komórki odporności wrodzonej zaznacz na kolor zielony, natomiast komórki odporności nabytej na kolor niebieski.

 zielony

 niebieski

Hemocyty

Limfocyty

Celomocyty

Plazmocyty

Eozynofile

Ćwiczenie 4



Dopasuj podane funkcje do odpowiedniego typu limfocytów.

Limfocyty T

Pobudzanie makrofagów do namnażania.

Produkcja przeciwciał.

Limfocyty B

Przekształcanie w plazmocyty, które wytwarzają przeciwciała.

Prezentacja antygenów.

Niszczanie wirusów i komórek nowotworowych.

Regulacja odpowiedzi immunologicznej.

Modulacja przebiegu odpowiedzi immunologicznej za pomocą cytokin.

Ćwiczenie 5



Wskaż zdanie fałszywe.

- ☐ Kaskadę reakcji wywołanej aktywowaniem układu profenoloksydazy, która jest składową odporności bezkręgowców, inicjują komórki immunokompetentne.
- ☐ Obecność melaniny w oskórku kręgowców powoduje jego utwardzenie.
- ☐ Makrofagi mogą wbudować w swoją błonę komórkową antygeny fagocytowanych patogenów i prezentować je limfocytom T.
- ☐ Do komórek immunokompetentnych bezkręgowców należą hemocyty i celomocyty.

Ćwiczenie 6



Poniżej wypisano funkcje białek biorących udział w reakcjach odpornościowych bezkręgowców. Przyporządkuj białka do funkcji jaką pełnią.

Funkcja	Opsoniny	Proteinazy	Melanina
Niszczanie innych białek poprzez ich cięcie.	☐	☐	☐
Tworzenie otoczki wokół patogenów, co prowadzi do ich śmierci. Utwardzanie oskórka bezkręgowców.	☐	☐	☐
Opłaszczanie patogenów, co umożliwia ich fagocytozę.	☐	☐	☐

Ćwiczenie 7



Jednym z ważnych mechanizmów uczestniczących w eliminacji patogenów u bezkręgowców jest układ profenoloksydazy (pro-PO). Układ ten jest elementem odpowiedzi humoralnej, która przejawia się występowaniem specyficznych substancji w płynach ciała. Kończym produktem aktywacji kaskady profenoloksydazy jest melanina, stąd proces ten inaczej nazywany jest melanizacją. (...) Melanina występuje między innymi w melanocytach, komórkach siatkówki i makrofagach kręgowców, a jej główną funkcją jest nie tylko ochrona przed szkodliwym promieniowaniem UV, ale także obrona komórek przed reaktywnymi formami tlenu (ang. reactive oxygen species, ROS), np. nadtlenkiem wodoru (H_2O_2), rodnikiem hydroksylowym ($\cdot\text{OH}$) czy anionorodnikiem ponadtlenkowym ($\cdot\text{O}_2^-$) (Zhao i współaut. 2011). Polimorfizm pro-PO występuje u niektórych bezkręgowców i najprawdopodobniej związany jest z faktem, że różne formy tego związku mogą pełnić odrębne funkcje, np. jedna odkładana jest w oskórku, co prowadzi do jego utwardzania (u owadów jest to proces sklerotyzacji), a inna w komórkach krwi (hemocytach) uczestniczy w zwalczaniu patogenów (Soderhall i Cerenius 1998, Pang i współaut. 2004).

Źródło: Justyna Banaś, Joanna Homa, *Układ profenoloksydazy (pro-PO) u zwierząt bezkręgowych. Mechanizm wrodzonej odpowiedzi immunologicznej*, Kosmos, tom 65, nr 1, 2016.

Na podstawie zacytowanego fragmentu artykułu naukowego wyjaśnij dlaczego profenoloksydaza i melanina będąca końcowym produktem kaskady profenoloksydazy może pełnić różne funkcje. W odpowiedzi uwzględnij 4 funkcje melaniny.

Ćwiczenie 8



Neutrofile stanowią pierwszą linię obrony organizmu przed patogenami. (...) neutrofile jako pierwsze migrują do miejsca zakażenia, w którym rozpoczynają aktywną eliminację patogenów, korzystając z szerokiego zakresu „narzędzi”, do których można zaliczyć fagocytozę, degranulację i wyrzut zewnątrzkomórkowych sieci neutrofilowych (ang. *neutrophil extracellular traps* (NET)) (...). Rolą NET jest łapanie, unieruchomienie, ułatwienie fagocytozy, a w niektórych sytuacjach także zabijanie uwięzionych mikroorganizmów. (...) NET niewątpliwie odgrywają ważną rolę w walce z infekcją, co udowodniono eksperymentalnie zarówno w badaniach na myszach, jak również badając neutrofile człowieka. (...) pacjenci, których neutrofile nie wytwarzają NET cierpią na zagrażające życiu, nawracające infekcje, np. grzybicze. (...) z czasem zaczęto zauważać skutki uboczne ich tworzenia, wynikające m.in. z udziału sieci w wielu chorobach autoimmunizacyjnych, w tym w reumatoidalnym zapaleniu stawów (RZS), toczeniu rumieniowatym układowym, układowym zapaleniu małych naczyń, a także w patologiach związanych z krzepnięciem krwi oraz w przebiegu sepsy. Co więcej, jak wskazują najnowsze doniesienia, NET biorą także udział w patogenezie łuszczycy.

Źródło: Michał Santocki, Elżbieta Kołaczowska, *Wyrzut zewnątrzkomórkowych sieci neutrofilowych (NET) przez neutrofile i co dalej? Konsekwencje tworzenia i nieprawidłowego usuwania NET*, *Kosmos*, tom 66, nr 4, 2017.

Uzasadnij na podstawie informacji z tekstu źródłowego, iż aktywność neutrofilów może mieć korzystne i negatywne skutki dla organizmu. W odpowiedzi uwzględnij tworzenie NET.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Odporność zwierząt bezkręgowych i kręgowców

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

2) Odporność. Uczeń:

a) rozróżnia odporność wrodzoną (nieswoistą) i nabytą (swoistą) oraz komórkową i humoralną,

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):

- Poznasz mechanizmy kształtowania się odporności wrodzonej i nabytej.
- Dowiesz się, czym i dlaczego różnią się układy odpornościowe kręgowców i bezkręgowców.
- Poznasz reakcje immunologiczne organizmu – komórkową i humoralną.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- rozmowa kierowana;
- mapa myśli;
- praca z audiobookiem.

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 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. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel zadaje pytanie:
„Dlaczego układy odpornościowe kręgowców i bezkręgowców się różnią?”
Uczniowie indywidualnie udzielają odpowiedzi na kartkach, następnie tworzą pary, a potem pary łączą się w czwórki – za każdym razem uczniowie ustalają wspólną odpowiedź.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Audiobook”).** Uczniowie zapoznają się z audiobookiem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie w parach wykonują polecenia do multimedium.
2. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy, rozdaje każdej grupie arkusz papieru formatu A3. Uczniowie, na podstawie informacji zawartych w e-materiale, wykonują w grupach mapę myśli, wpisując hasła, rysunki i opisy dotyczące tematu lekcji. Następnie prezentują swoje mapy myśli. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje.

3. Utrwalanie wiedzy i umiejętności. Uczniowie wykonują ćwiczenia nr 7 (w którym na podstawie tekstu źródłowego mają za zadanie określić, co sprawia, że profenoloksydaza i inne produkty kaskady profenoloksydazy mogą pełnić wiele różnych funkcji, oraz wymienić cztery funkcje pro-PO i jej produktów) i nr 8 (w którym na podstawie tekstu źródłowego mają za zadanie wymienić dwie zalety oraz dwie wady tworzenia sieci neutrofilowych przez neutrofile) w sekcji „Sprawdź się”. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonanych zadań, omawiając je wraz z uczniami.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół wyłania swojego lidera i wspólnie układa 10 pytań związanych z tematem lekcji. Pytania powinny być tak ułożone, żeby przeciwnicy mogli na nie odpowiedzieć jednym wyrazem. Nauczyciel inicjuje grę, zadając wszystkim grupom własne pytanie. Grupa, której lider zgłosi się pierwszy i odpowie poprawnie, rozpoczyna rywalizację. Nauczyciel nadaje kolejne numery pozostałym grupom, a następnie zapisuje je na tablicy. Lider grupy nr 1 zadaje pytanie wybranemu członkowi drużyny nr 2. Jeśli osoba ta poprawnie odpowie na pytanie, jej zespół zdobywa punkt, a ona sama zadaje pytanie wskazanemu przez nią członkowi grupy nr 3. Jeśli jednak członek grupy nr 2 nie będzie potrafił udzielić poprawnej odpowiedzi, lider grupy nr 1 sam odpowiada na zadane przez siebie pytanie, a jego drużyna otrzymuje punkt. Następnie zadaje pytanie członkowi grupy nr 3 itd. Gra kończy się po zadaniu 10 pytań, a wygrywa grupa, która uzyska najwięcej punktów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Audiobook” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.