


Cechy i mechanizmy odporności wrodzonej

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



Cechy i mechanizmy odporności wrodzonej

Komórki NK (ang. *natural killers* – naturalni zabójcy) atakują komórki nowotworowe oraz zarażone wirusami.

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

Bariery mechaniczne organizmu, takie jak skóra, nabłonek i wydzieliny ciała, stanowią pierwszą linię obrony przed patogenami. Jeśli zawiodą, aktywowane są pozostałe mechanizmy odporności wrodzonej (nieswoistej). Polegają one na wykrywaniu i niszczeniu patogenów lub zmienionych nowotworowo komórek. W tym celu wykorzystywane są różne komórki, np. makrofagi czy komórki NK (odpowiedź nieswoista typu komórkowego) oraz liczne peptydy i białka (odpowiedź nieswoista typu humoralnego).

Twoje cele

- Wyjaśnisz różnicę pomiędzy odpornością wrodzoną a nabytą.
- Omówisz funkcje najważniejszych białek i peptydów biorących udział we wrodzonej odpowiedzi odpornościowej.
- Wymienisz mechanizmy odporności wrodzonej.
- Opiszysz odpowiedź immunologiczną nieswoistą komórkową i humoralną.

Przeczytaj

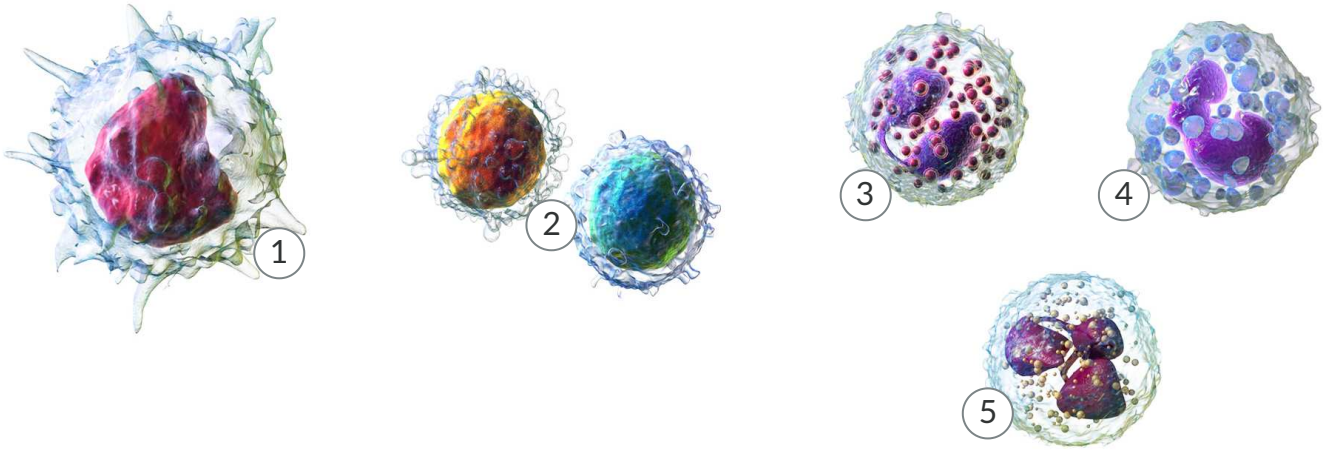
Organizm człowieka dysponuje **wrodzonymi**, dziedzicznymi mechanizmami odporności. Odporność taka nie jest wybiórcza i stanowi linię obrony przeciwko wszystkim czynnikom zagrażającym organizmowi, dlatego też nazywa się ją **nieswoistą**.

Pierwszą linię obrony organizmu stanowią **skóra i błony śluzowe**, będące wyspecjalizowanymi w obronie przed patogenami **barierami mechanicznymi**. Do pierwszej linii obrony należą również reakcje odruchowe, takie jak: kaszel, kichanie lub wymioty, mające za zadanie mechaniczne usunięcie patogenów. Dodatkową barierę stanowią substancje chemiczne wytwarzane przez organizm, jak np. kwas mlekowy, nadający kwaśny charakter środowisku, który utrudnia rozwój patogenów, czy [lizozym](#) zawarty w ślinie i łzach.

Druga linia obrony organizmu przed patogenami obejmuje działanie komórek [fagocytujących](#) (makrofagów i granulocytów), komórek NK oraz reakcje białek osocza krwi tzw. **układu dopełniacza i białek ostrej fazy** związanych z przebiegiem **reakcji zapalnej**.

Trzecią linię obrony organizmu stanowi **odporność nabyta** (swoista).

Odporność wrodzona jest niespecyficzna (nieswoista), co oznacza, że nie jest ukierunkowana na konkretny patogen. Jej odpowiedź uzupełniają mechanizmy odporności nabytej, która jest specyficzna (swoista), czyli ukierunkowana na konkretny patogen – w wyniku tej reakcji produkowane są przeciwciała oraz obserwuje się **odpowiedź komórkową** z udziałem limfocytów Tc. Więcej o limfocytach przeczytasz w lekcji [Komórki układu odpornościowego człowieka](#).



1

Monocyt

Komórka zdolna do ruchu oraz fagocytozy. Jest leukocytem o największych rozmiarach. Zawiera nerkowate (czasem owalne) jądro komórkowe i zasadochłonną cytoplazmę.

2

Limfocyty

Komórki uczestniczące w odporności swoistej. Mają duże jądro i niewielką ilość cytoplazmy. Dzielą się na dwie grupy: limfocyty T i B.

3

Eozynofil

Dzięki właściwościom żernym (rozpoznawaniu, pochłanianiu i niszczeniu obcych białek) odgrywa ważną rolę w zwalczaniu pasożytów oraz w reakcjach alergicznych. Jest granulocytym kwasochłonnym: jego cytoplazma zawiera ziarnistości, które przy barwieniu eozyną przybierają kolor czerwony.

4

Bazofil

Produkuje histaminę, odpowiedzialną za rozszerzenie naczyń krwionośnych oraz zapobiegającą krzepnięciu krwi. Jest granulocytym zasadochłonnym: w jego cytoplazmie

znajdują się ziarnistości, które pod wpływem barwników zasadowych wybarwiają się na kolor niebieski.

5

Neutrofil

Podobnie jak monocyt, komórka ta jest odpowiedzialna za fagocytozę podczas reakcji odpornościowej. Kształt jądra komórkowego zależy od wieku krwinki. U dojrzałych neutrofilii jest segmentowane – podzielone na 2 do 5 płatów. W cytoplazmie znajdują się ziarnistości.

Typy komórek układu odpornościowego występujących w limfie.

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

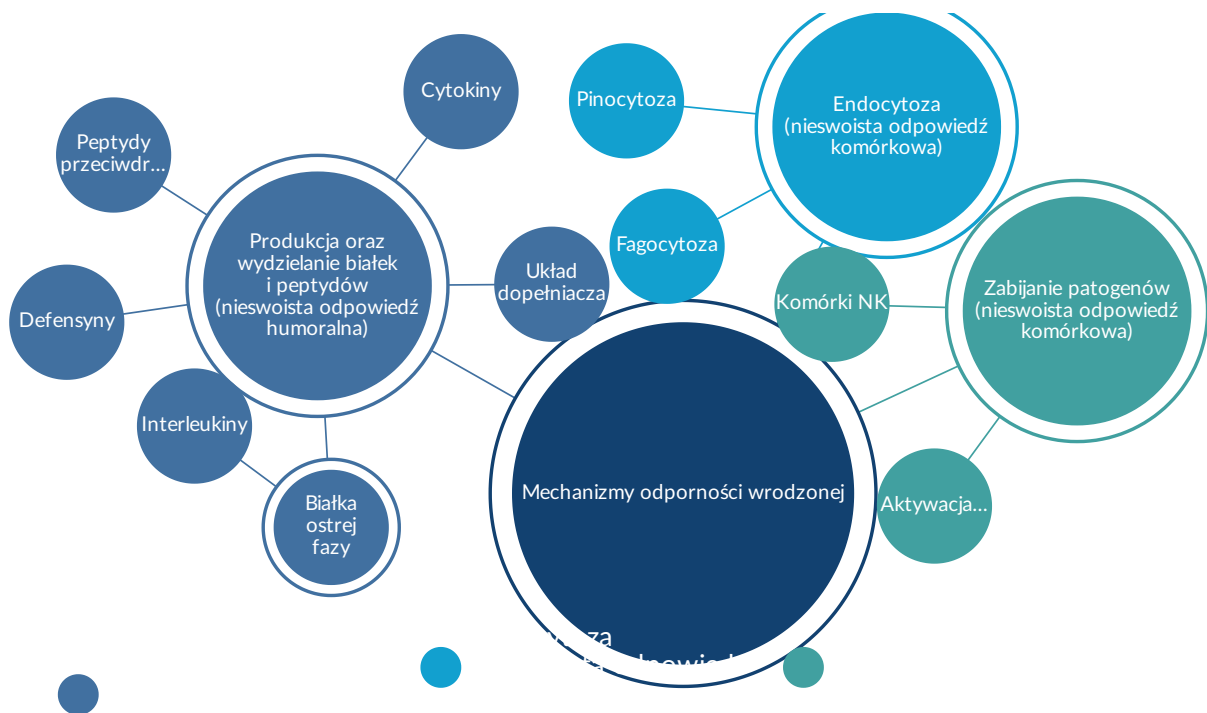
Odporność wrodzona (nieswoista) – druga linia obrony

Odporność wrodzona jest obecna od urodzenia i stanowi najstarszą ewolucyjnie formę obrony u bezkręgowców, kręgowców i roślin.

Główną rolę w uruchomieniu odporności nieswoistej odgrywają receptory błonowe. Wykazują one szeroki zakres specyficzności, co oznacza, że pozwalają odpowiadać komórkom na różne sygnały związane z patogenami. Receptory błonowe wiążą się z różnymi związkami – cukrami, tłuszczami lub aminokwasami – występującymi m.in. w ścianach komórkowych bakterii. Następnie aktywowane są procesy immunologiczne. Mechanizmy odporności wrodzonej tłumią i hamują rozwój zakażenia, dopóki nie zostaną uruchomione reakcje odporności nabytej. Dlatego bardzo ważna jest komunikacja pomiędzy obydwojema rodzajami odporności. Ze względu na niespecyficzny charakter wrodzonej odporności rozpoczyna ona działanie w krótkim czasie od zakażenia (w kilka minut lub godzin).

Mechanizmy odporności wrodzonej

W odporności wrodzonej biorą udział liczne mechanizmy. Należą do nich m.in. produkcja **peptydów i białek**, oraz zabijanie patogenów przez **komórki NK** (ang. *natural killers* – naturalni zabójcy) i w wyniku **aktywacji układu dopełniacza**. Charakterystyczną reakcją na uszkodzenia tkanek jest stan zapalny, który objawia się zaczerwienieniem, obrzękiem i podwyższoną temperaturą danego obszaru.



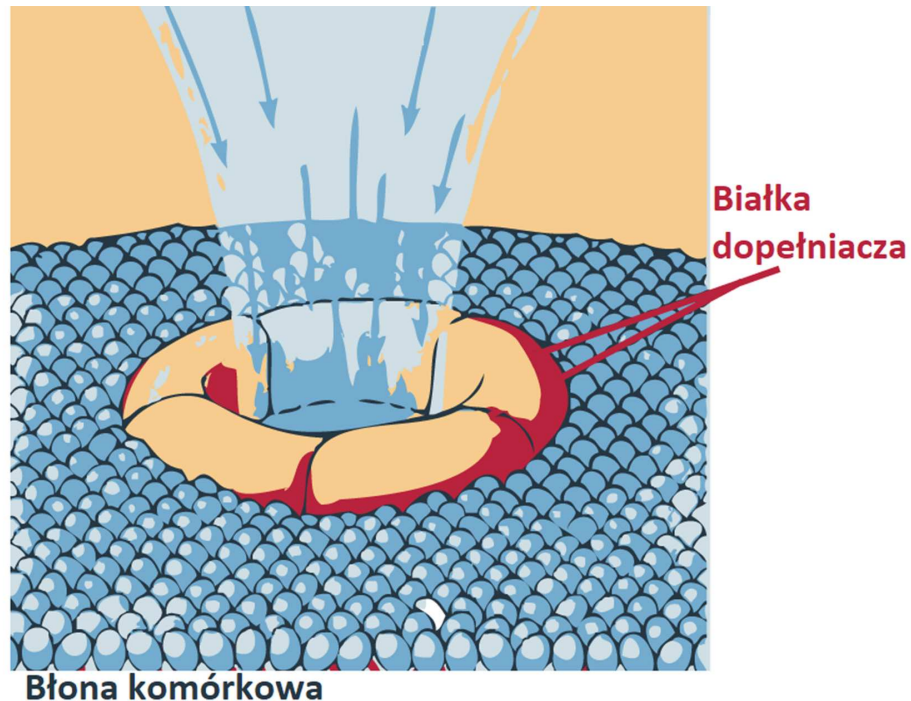
Źródło: licencja: CC BY-SA 3.0.

Zabijanie patogenów (nieswoista odpowiedź komórkowa)

Układ dopełniacza

Układ dopełniacza tworzy kilkadziesiąt różnych białek, które są wydzielane w formie nieaktywnej do krwiobiegu. Aktywacja układu dopełniacza prowadzi do

aktywacji tych białek, a następnie przyciągania leukocytów oraz czynników powodujących degranulację komórek tucznych. Powstają kompleksy białek rozpuszczalnych w tłuszczach. Białka te przyczepiają się do błon komórkowych patogenów i tworzą w nich pory. Umożliwia to napływ wody i jonów do wnętrza komórki, co prowadzi do jej pęcznienia i lizy (rozpadu).



Tworzenie porów w błonie komórkowej patogenu przez układ dopełniacza powoduje lizę i śmierć komórki.

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

Komórki NK

Więcej na temat stanu zapalnego w e-materiale: [Stan zapalny – powstawanie, przebieg i znaczenie](#).

Białka i peptydy odporności wrodzonej (nieswoista odpowiedź humoralna)

W mechanizmach odporności wrodzonej biorą udział liczne białka, peptydy, limfocyty Th i limfocyty B. Więcej na ten temat w e-materiale: [Komórki układu odpornościowego](#)

człowieka.

Są to m.in. białka ostrej fazy, cytokiny i przeciwdrobnoustrojowe peptydy, np. defensyny. Ich cechy zostały opisane w poniższej tabeli.

Grupa białek i peptydów	Opis	Przykład
Białka ostrej fazy (BOF)	<ul style="list-style-type: none">- Zróżnicowana grupa białek.- Syntezowane głównie w wątrobie.- Biorą udział w reakcji ostrej fazy (ROF), czyli najwcześniejszych reakcjach zachodzących w odpowiedzi na uszkodzenie tkanek.- Uczestniczą w reakcjach zapalnych.- W ROF poziom BOF dodatnich wzrasta, natomiast BOF ujemnych maleje.- BOF pobudzane są do wzmożonej syntezy przez interleukinę 1, interleukinę 6 i czynnik martwicy nowotworu alfa (TNF-α).	<p>BOF dodatnie:</p> <ul style="list-style-type: none">- białko C-reaktywne (CRP)- amyloid surowiczy (SAA)-- haptoglobina (Hp) <p>BOF ujemne:</p> <ul style="list-style-type: none">- transferyna (Tf)- albumina

Grupa białek i peptydów	Opis	Przykład
Cytokiny	<ul style="list-style-type: none"> - Produkowane lokalnie, głównie przez komórki odpornościowe. - Regulują proliferację (namnażanie się), różnicowanie i ruchliwość komórek. - Aktywne dzięki receptorom błonowym w docelowych komórkach. - Zdolne do oddziaływania na wiele różnych komórek (plejotropowość). - Działając na te same komórki, wykazują działanie antagonistyczne lub synergistyczne. - Indukują sprzężenia zwrotne ujemne i dodatnie. - Uczestniczą w reakcjach zapalnych. 	<ul style="list-style-type: none"> - interleukiny - interferony - chemokiny - czynniki martwicy nowotworu
Defensyny	<ul style="list-style-type: none"> - Określane jako peptydowe antybiotyki. - Wykazują działanie przeciwbakteryjne, przeciw pasożytnicze, przeciwgrzybicze i przeciwnowotworowe. - Regulują aktywację układu dopełniacza i wytwarzanie chemokin. - Wzmagają proliferację limfocytów i degranulację komórek tucznych. 	<ul style="list-style-type: none"> - α-defensyny - β-defensyny

Zjawisko znane jako **działanie synergistyczne** polega na jednakowym wpływie kilku cytokin na te same komórki. Efekt przez nie wywierany jest większy niż podczas ich osobnego działania. Natomiast antagonistyczne działanie polega na aktywacji komórek przez jedne cytokiny przy jednoczesnym ich hamowaniu przez inne.

Efekt **sprzężenia dodatniego** oznacza, że stymulacja produkcji jednej cytokiny pobudza wytwarzanie innej, która z kolei działa stymulująco na pierwszy proces. Natomiast efekt **sprzężenia ujemnego** polega na wydzielaniu jednej cytokiny, która pobudza sekrecję drugiej, a ta hamuje wydzielanie pierwszej.

Ważne!

Wysoki poziom CRP w surowicy krwi występuje podczas zakażeń, stanów zapalnych, chorób autoimmunologicznych oraz nowotworowych.

Słownik

BOF dodatnie

białka ostrej fazy, których stężenie podczas procesu zapalnego wzrasta

BOF ujemne

białka ostrej fazy, których stężenie podczas procesu zapalnego maleje

chemokiny

rodzina białek należących do cytokin; są niezbędne w przebiegu procesu zapalnego; stymulują komórki układu odpornościowego do migracji w kierunku miejsca zapalenia

czynnik martwicy nowotworu alfa (TNF- α)

polipeptyd należący do cytokin, wytwarzany głównie przez pobudzone makrofagi; wykazuje wielokierunkowe działania immunoregulacyjne oraz przeciwnowotworowe; wzmożone wytwarzanie TNF obserwuje się w zaburzeniach i niedoborach odpornościowych, klinicznie wyrażonych chorobami autoagresyjnymi

degranulacja

gwałtowne uwolnienie zawartości ziarnistości

endocytoza

(gr. *éndon* 'wewnątrz', *kýtos* 'komórka') proces wprowadzania (pochłaniania) do wnętrza komórki ze środowiska zewnętrznego związków chemicznych, wirusów oraz komórek i ich fragmentów przez wpuklenie błony komórkowej i utworzenie pęcherzyków zwanych endosomami

fagocytoza

(gr. *phágos* 'pożeracz', *kýtos* 'naczynie', 'komórka') rodzaj endocytozy, proces pochłaniania (pożerania) cząstek nieorganicznych oraz komórek lub ich fragmentów przez organizmy jednokomórkowe lub wyspecjalizowane komórki organizmów o bardziej złożonej budowie (fagocyty)

interferon, IFN

substancja białkowa wytwarzana przez: leukocyty, fibroblasty i limfocyty; silnie hamuje replikację wirusów penetrujących wewnątrz komórek makroorganizmów, hamuje podziały komórkowe i wzmacnia swoiste funkcje poszczególnych typów komórek

interleukiny, IL

cytokiny wytwarzane przez leukocyty, przede wszystkim limfocyty i monocyty; glikoproteiny o silnych właściwościach immunoregulujących i immunostymulujących; odgrywają ważną rolę w pobudzaniu i kontrolowaniu aktywności komórek należących do różnych układów organizmu (odpornościowego, krwiotwórczego, nerwowego, hormonalnego)

komórki tuczne

komórki tkanki łącznej kręgowców wypełnione zasadochłonnymi ziarnistościami (pęcherzykami); ziarnistości komórek tucznych zawierają substancje biologicznie czynne, m.in. heparynę, histaminę, które uwolnione z komórek wywołują miejscowe reakcje alergiczne oraz uczestniczą w wytwarzaniu nabytej odporności na pasożyty; komórki tuczne produkują także mediatory, które nie są magazynowane w ziarnistościach, ale powstają wkrótce po zadziałaniu bodźca — należą do nich np. prostaglandyny i leukotrieny stymulujące m.in. stany zapalne (obrzemie, zaczerwienienie i podwyższenie temperatury)

lizozym

enzym rozkładający ściany komórkowe niektórych bakterii; występuje w ślinie, we łzach; jego występowanie stwierdzono u zwierząt bezkręgowych, a także u roślin;

stanowi czynnik chroniący przed inwazją bakterii

pinocytoza

rodzaj endocytozy polegający na pobieraniu przez komórkę z otaczającego środowiska płynów lub określonego rodzaju makrocząsteczek

plejotropowość cytokin

zdolność jednej cytokiny do wywierania wpływu na kilka różnych komórek

sprężenie zwrotne dodatnie

działanie polegające na produkcji cytokiny, która pobudza wytwarzanie innej, ta zaś działa stymulująco na pierwszą

sprężenie zwrotne ujemne

działanie polegające na wydzielaniu cytokiny, która pobudza sekrecję drugiej, ta zaś hamuje wydzielanie pierwszej

Audiobook

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/P1OiSfBIN>

Cechy i mechanizmy odporności wrodzonej

Każdego dnia organizm narażony jest na działanie groźnych dla życia i zdrowia wirusów, bakterii, jedno- i wielokomórkowych pasożytów, a także toksyn znajdujących się w środowisku. Nawet niewielkie zranienie stanowi dla patogenów tak zwane wrota zakażenia. Szczególnie narażone są układy będące przedłużeniem środowiska zewnętrznego w głąb ciała, czyli układ pokarmowy, oddechowy i moczowo-płciowy.

Organizm chroni się przed inwazją mikroorganizmów chorobotwórczych i ich jadem za pomocą barier zarówno anatomicznych, jak i fizjologicznych, które składają się na mechanizmy odporności wrodzonej. Odporność wrodzona jest nieswoista, co oznacza, że nie jest ukierunkowana na konkretny patogen.

Pierwszą linią obrony przed patogenami są bariery fizyczne, czyli skóra i błony śluzowe, a także wszelkie reakcje odruchowe, do których zaliczają się kaszel, kichanie i wymioty. Ważną rolę odgrywają substancje produkowane przez organizm, takie jak lizozym, zawarty w ślinie, łzach i wydzielinie nosowej, oraz kwas solny, zapewniający niskie pH w żołądku. Komórki nabłonka układu oddechowego i układu pokarmowego oraz komórki żerne produkują peptydy mające właściwości antybakteryjne, takie jak defensyny.

Drugą linią obrony przed patogenami jest działanie komórek fagocytujących, czyli makrofagów i granulocytów oraz komórek NK. Istotne są także reakcje układu dopełniacza i białek ostrej fazy, związanych z przebiegiem reakcji zapalnej.

W jaki sposób wirusy, bakterie czy grzyby są rozpoznawane i uznawane za szkodliwe? Odpowiadają za to receptory błonowe, w które wyposażonych jest wiele rodzajów komórek, głównie biorących udział w reakcjach odporności wrodzonej, m.in. monocyty i makrofagi, neutrofile, komórki dendrytyczne, ale i komórki nabłonkowe różnych narządów. Receptory wykrywają składniki budulcowe typowe dla drobnoustrojów, np. specyficzne sekwencje występujące w ścianie komórkowej bakterii lub w ich wici bądź sekwencje dwuniciowego DNA charakterystyczne dla części wirusów.

Wczesny, niespecyficzny odzew organizmu na szkodliwe bodźce nazywamy reakcją ostrej fazy. Obejmuje ona zaburzenia systemu nerwowego, układu hormonalnego i

przemian metabolicznych, co objawia się gorączką, wzrostem liczby leukocytów, zwiększeniem wydzielania niektórych hormonów, aktywacją kaskady układu dopełniacza i krzepnięcia krwi oraz wzrostem syntezy białek ostrej fazy.

Układ dopełniacza to zespół około dwudziestu składników. Tworzą one element wrodzonego mechanizmu humoralnej obrony immunologicznej organizmu. Nazywa się je dopełniaczem, bo dopełniają odporność nabytą. Rola układu dopełniacza obejmuje jego udział w fagocytozie i niszczeniu drobnoustrojów, w cytolizie, czyli w niszczeniu komórek, oraz w procesach zapalnych i w ciężkiej, zagrażającej życiu reakcji alergicznej.

Innym mechanizmem działania charakteryzują się naturalne komórki cytotoksyczne, zwane *natural killers*, czyli "naturalnymi zabójcami". Kiedy rozpoznają szereg białek powierzchniowych specyficzny dla patogenów, uwalniają toksyczne dla nich substancje, prowadzące do ich śmierci.

Wszystkie elementy nieswoistej odpowiedzi immunologicznej współpracują ze sobą, dzięki czemu mogą niszczyć patogeny.

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




Polecenie 1

Zapoznaj się z audiobookiem, a następnie zaproponuj schemat, który zobrazowałby współdziałanie różnych komórek i kolejność zdarzeń w reakcji zapalnej.

Polecenie 2

Wyjaśnij znaczenie białek ostrej fazy w ochronie organizmu przed patogenami.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



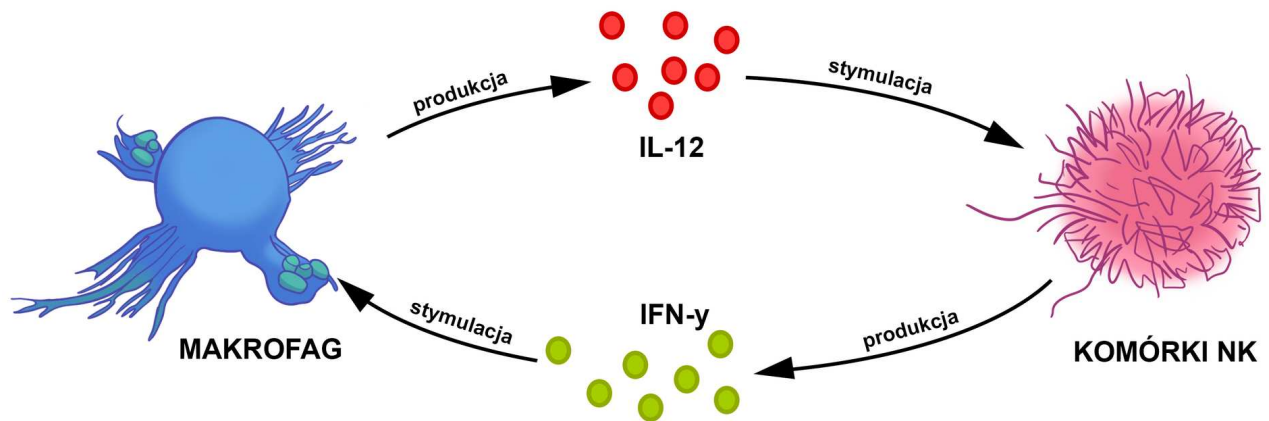
Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Legenda:

IL-12 – Interleukina 12

IFN- γ – Interferon gamma

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

Ćwiczenie 8



Pacjent XYZ		Płeć: mężczyzna
Podstawa do zlecenia badań: ból nadgarstka		Wiek: 28 lat
	Wynik badania	Zakres referencyjny
Materiał: krew EDTA		
WBC	$6,0 \times 10^3/\mu\text{l}$	$4,0-10,0 \times 10^3/\mu\text{l}$
MON%	$6,3 \times 10^3/\mu\text{l}$	$1,0-10,0 \times 10^3/\mu\text{l}$
NEU%	$55,8 \times 10^3/\mu\text{l}$	$50,0-70,0 \times 10^3/\mu\text{l}$
LYM%	$35,4\% \times 10^3/\mu\text{l}$	$25,0-45,0 \times 10^3/\mu\text{l}$
Materiał: surowica		
CRP	7 mg/l	<5 mg/l
sód	138,0 mmol/l	135,0-46,0 mmol/l
potas	4,7 mmol/l	3,5-5,1 mmol/l

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Cechy i mechanizmy odporności wrodzonej

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

3. Odporność. Uczeń:

1) rozróżnia odporność wrodzoną (nieswoistą) i nabytą (swoistą) oraz komórkową i humoralną;

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 obywatelskie;
- 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):

- Wyjaśnisz różnicę pomiędzy odpornością wrodzoną a nabytą.
- Omówisz funkcje najważniejszych białek i peptydów biorących udział we wrodzonej odpowiedzi odpornościowej.
- Wymienisz mechanizmy odporności wrodzonej.
- Opiszysz odpowiedź immunologiczną nieswoistą komórkową i humoralną.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- odwrócona klasa;
- z użyciem komputera;
- praca z audiobookiem;
- ćwiczenia interaktywne;
- rozmowa kierowana;
- mapa myśli;
- 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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

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

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.

2. **Wprowadzenie do tematu – gwiazda pytań.** Nauczyciel pyta uczniów: „Jakimi wrodzonymi, dziedzicznymi mechanizmami odporności dysponuje organizm człowieka?”, „Jakie istnieją bariery mechaniczne, anatomiczne i fizjologiczne odporności?”. Następnie rozdaje uczniom gwiazdę pytań (zob. materiały pomocnicze). Uczniowie uzupełniają ją w parach. Wskazane przez nauczyciela osoby czytają swoje odpowiedzi.

Faza realizacyjna:

1. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i prosi ich, by na podstawie e-materiału opracowali mapę myśli dotyczącą przydzielonych zagadnień:
 - Grupa I i II – odporność wrodzona typu komórkowego – mapa myśli powinna dotyczyć działania poszczególnych komórek i powiązań między nimi, tzn. przedstawiać, które komórki wchodzą do działania jako pierwsze, które w następnej kolejności itp.
 - Grupa III i IV – odporność wrodzona typu humoralnego – mapa myśli powinna koncentrować się na działaniu białek.Grupy otrzymują po dwa arkusze papieru A2 i na jednym z nich sporządzają mapę myśli. Następnie wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali otrzymane zagadnienia. Eksperci 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. Na koniec pracy uczniowie wskazują powiązania między przedstawionymi typami odporności (np. białka ostrej fazy ułatwiają fagocytozę patogenów przez makrofagi).
2. **Praca z multimedium („Audiobook”).** Uczniowie zapoznają się z audiobookiem, zwracając uwagę na współdziałanie różnych komórek i kolejność zdarzeń w reakcji zapalnej. Następnie rozwiązują polecenie nr 1 („Zaproponuj schemat, który zobrazowałby współdziałanie różnych komórek i kolejność zdarzeń w reakcji zapalnej”). Wybrane osoby przedstawiają rozwiązanie na forum klasy.
3. Uczniowie rozwiązują polecenie nr 2 („Wyjaśnij znaczenie białek ostrej fazy w ochronie organizmu przed patogenami”). Następnie porównują rozwiązanie z osobą z pary. Wybrane osoby przedstawiają rozwiązanie na forum klasy.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie – na podstawie analizy schematu – wyjaśnić, jaki efekt wywoływany przez cytokiny został przedstawiony, i opisać mechanizm jego działania) oraz ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wskazać, na jaki stan wskazują przedstawione częściowe wyniki badania pacjenta skarżącego się na ból nadgarstka) 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 odpowiadają na pytania podsumowujące lekcję:
 - Dlaczego komunikacja między odpowiedzią wrodzoną a nabytą jest ważna?
 - Jakie mechanizmy odporności wrodzonej hamują rozwój zakażeń?
 - Na czym polega stan zapalny i jakie białka biorą w nim udział?

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.

Załącznik 1. Gwiazda pytań.

Plik o rozmiarze 68.98 KB w języku polskim

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z multimediami zamieszczonymi w sekcji „Audiobook”, aby przygotować się do późniejszej pracy na zajęciach.