KURS

„BIOLOGIA POD KLUCZ"

UKŁAD ODPORNOŚCIOWY

Prezentacja jest chroniona prawnie przed kopiowaniem bez pisemnej zgody autora i stanowi „utwór" i w myśl Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 1994 r., Nr 24, poz. 83 z późn. zm.).

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Przedstawia narządy i komórki układu odpornościowego człowieka.
2. Rozróżnia odporność wrodzoną (nieswoistą) i nabytą (swoistą) oraz komórkową i humoralną.
3. Opisuje sposoby nabywania odporności swoistej (czynny i bierny).
4. Przedstawia rolę mediatorów układu odpornościowego w reakcji odpornościowej (białka ostrej fazy, cytokiny).

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



5. Wyjaśnia, na czym polega zgodność tkankowa i przedstawia jej znaczenie w transplantologii.

6. Analizuje zaburzenia funkcjonowania układu odpornościowego (nadmierna i osłabiona odpowiedź immunologiczna).

7. Podaje sytuacje wymagające immunosupresji (przeszczepy, alergie, choroby autoimmunologiczne).

FUNKCJE UKŁADU ODPORNOŚCIOWEGO



Układ odpornościowy:

- pozwala **zwalczać infekcje** wywołane przez **patogeny**
- umożliwia **usuwanie komórek nowotworowych**
- bierze udział w reakcji **odrzucania przeszczepów**

Podstawą działania układu odpornościowego jest odróżnianie **własnych antygenów** od **antygenów obcych**, które stanowią dla organizmu zagrożenie.

ANTYGEN

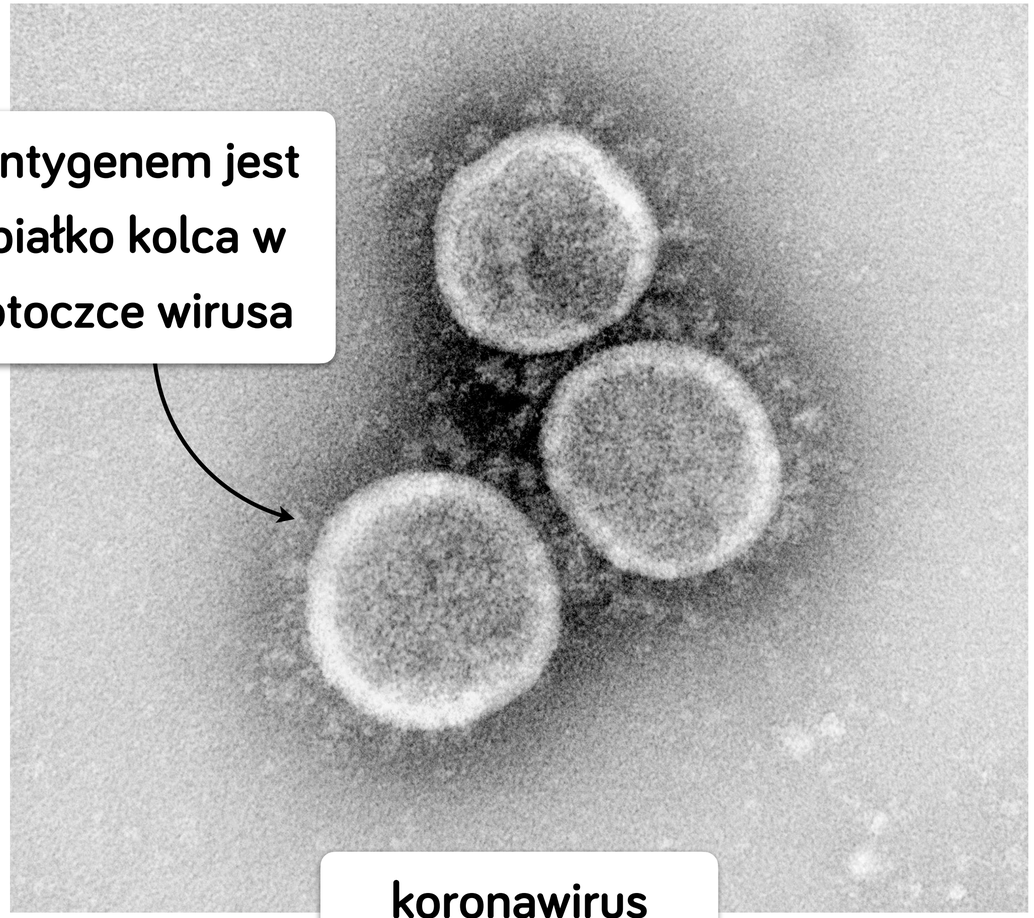


Antygen jest substancją, która charakteryzuje się zróżnicowaną budową chemiczną.

Antygeny występują najczęściej jako **cukry** lub **białka w błonie komórek**. Mogą stanowić także **składnik toksyn** czy **jadów** produkowanych przez różne organizmy.

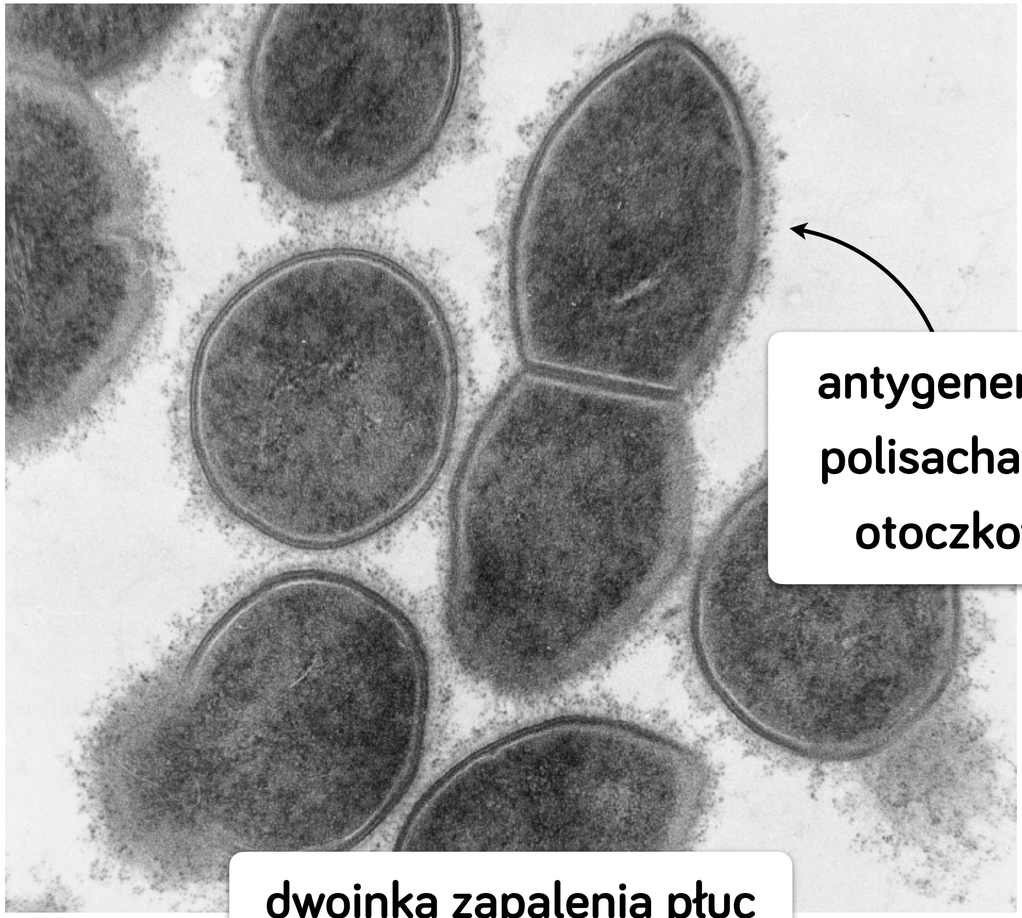
Obce antygeny są **rozpoznawane** przez układ odpornościowy, co następnie jest powodem produkowania w organizmie **przeciwciał**.

ANTYGEN



antygenem jest białko kolca w otoczce wirusa

koronawirus



antygenem są polisacharydy otoczkowe

dwoinka zapalenia płuc

ANTYGEN



Antygen posiada charakterystyczne cechy:

- jest **wiązany przez skierowane przeciwko niemu przeciwciała**, w wyniku czego powstaje kompleks antygen-przeciwciało,
- jest **immunogenny**, czyli po wniknięciu obcego antygenu do organizmu wywołuje reakcję immunologiczną (odpornościową).

PRZECIWCIAŁO

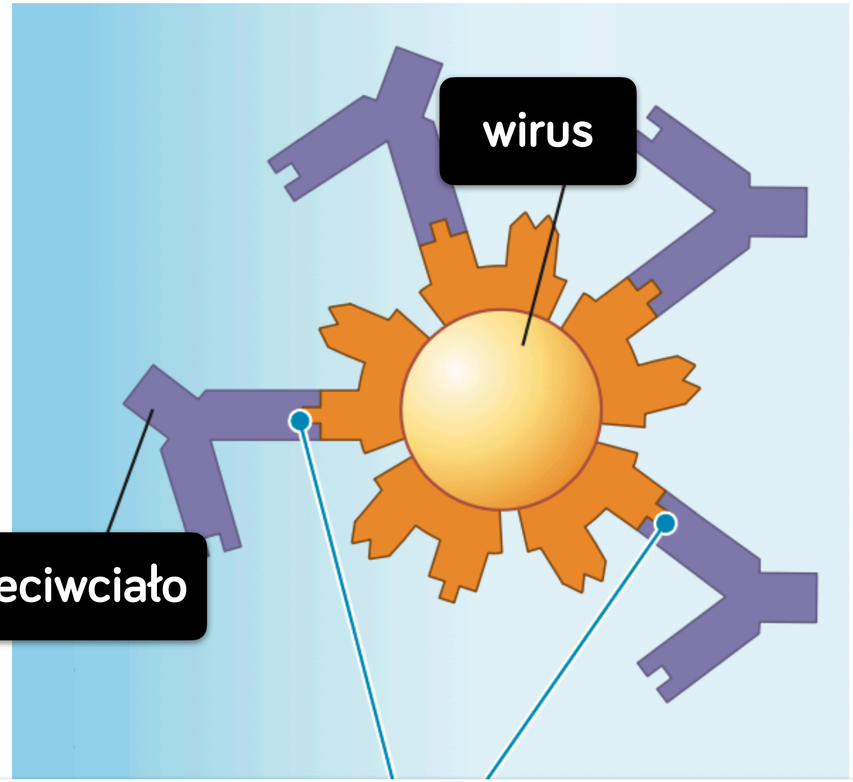


Przeciwciała, inaczej zwane **immunoglobulinami** lub **γ-globulinami** należą do **białek** produkowanych przez **komórki plazmatyczne** (plazmocyty).

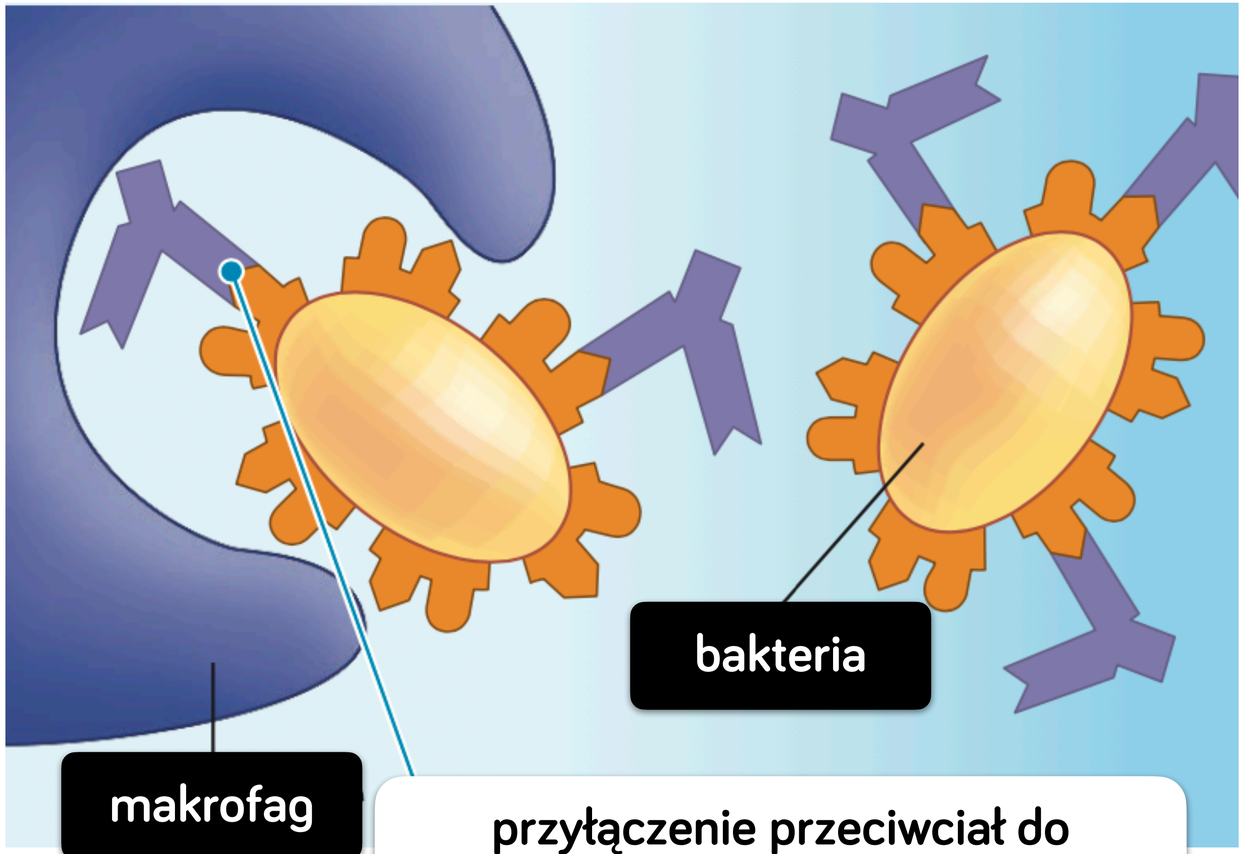
Ich zadaniem jest **wiązanie obcych antygenów**, przez co dochodzi do ich **unieszkodliwienia** (nie do zwalczenia!). Taki związany antygen jest bardziej widoczny dla komórek żernych.

Wiązanie się przeciwciał z antygenem jest reakcją bardzo **swoistą**.

PRZECIWCIAŁO



przyłączenie przeciwciał do antygenów wirusa uniemożliwia połączenie antygenów wirusa z receptorami komórek gospodarza



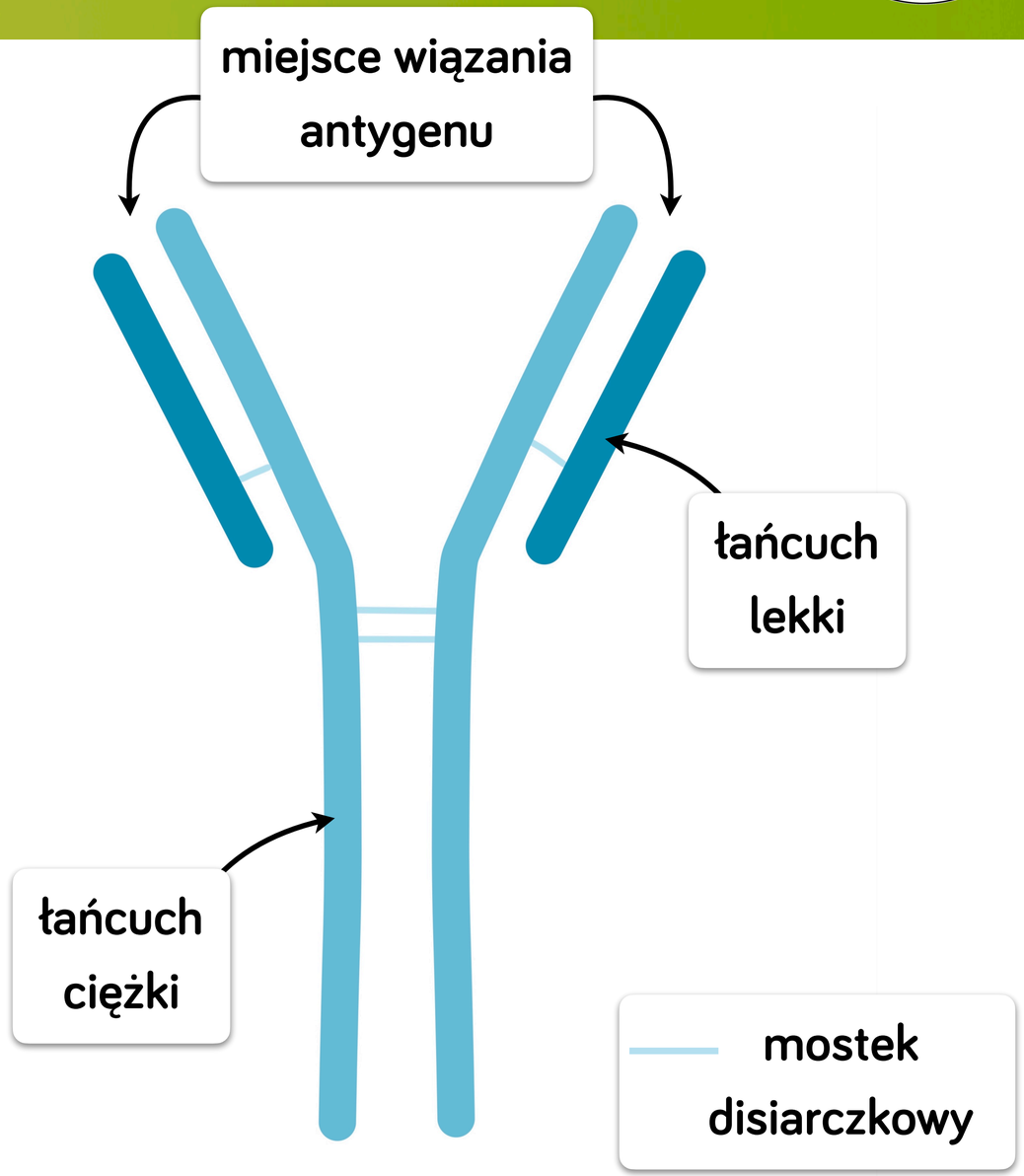
przyłączenie przeciwciał do antygenów bakterii sprawia, że są lepiej widoczne na makrofagów

PRZECIWCIAŁO

Typowe przeciwciało ma kształt litery „**Y**” i zbudowane jest z **czterech** łańcuchów polipeptydowych:

- dwóch lekkich
- dwóch ciężkich,

które są ze sobą połączone za pomocą **mostków disiarczkowych**. Wyróżnia się **pięć klas** przeciwciał: IgM, IgA, IgG, IgD, Igę.



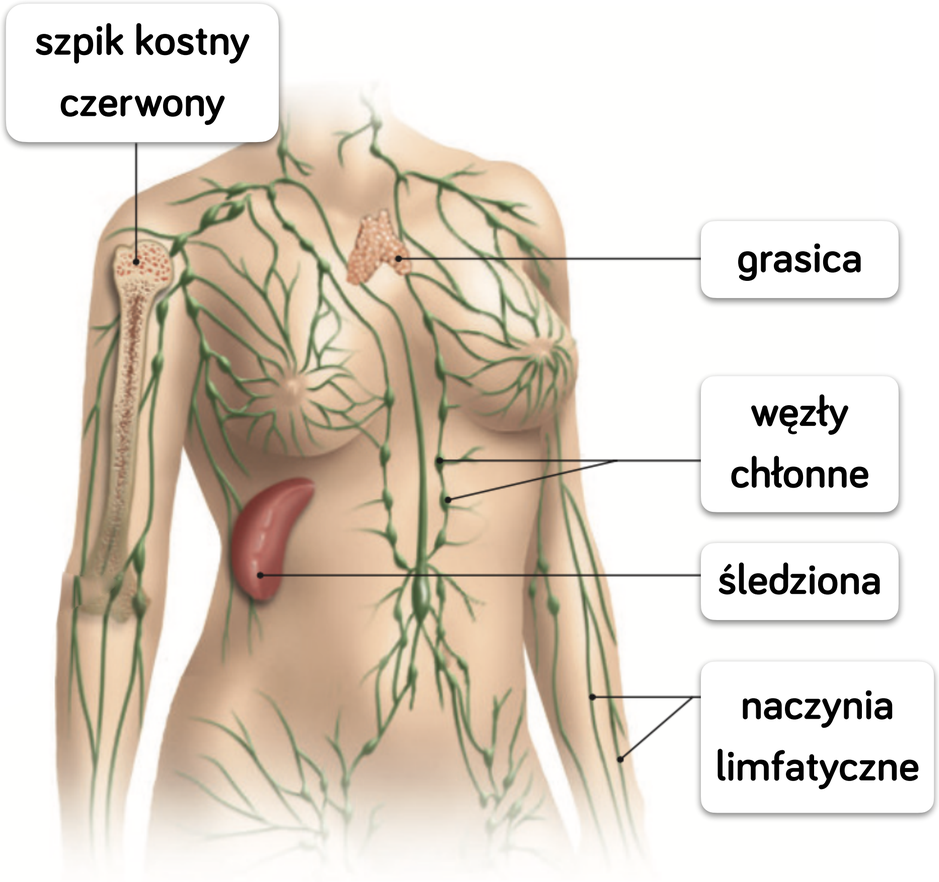


NARZĄDY I KOMÓRKI UKŁADU ODPORNOŚCIOWEGO

BUDOWA UKŁADU ODPORNOŚCIOWEGO

Patogeny mogą dostać się do każdego miejsca w organizmie, dlatego układ odpornościowy jest **rozproszony**.

Tworzą go **wszystkie narządy i tkanki układu limfatycznego** oraz **wyspecjalizowane komórki** biorące udział w reakcjach odpornościowych. Ich działanie jest wspomagane przez różne **cząsteczki**, takie jak np. przeciwciała czy cytokiny.



BUDOWA UKŁADU ODPORNOŚCIOWEGO



NARZĄDY

- grasica,
- szpik kostny czerwony,
- śledziona,
- węzły chłonne,
- migdałki
- grudki chłonne.

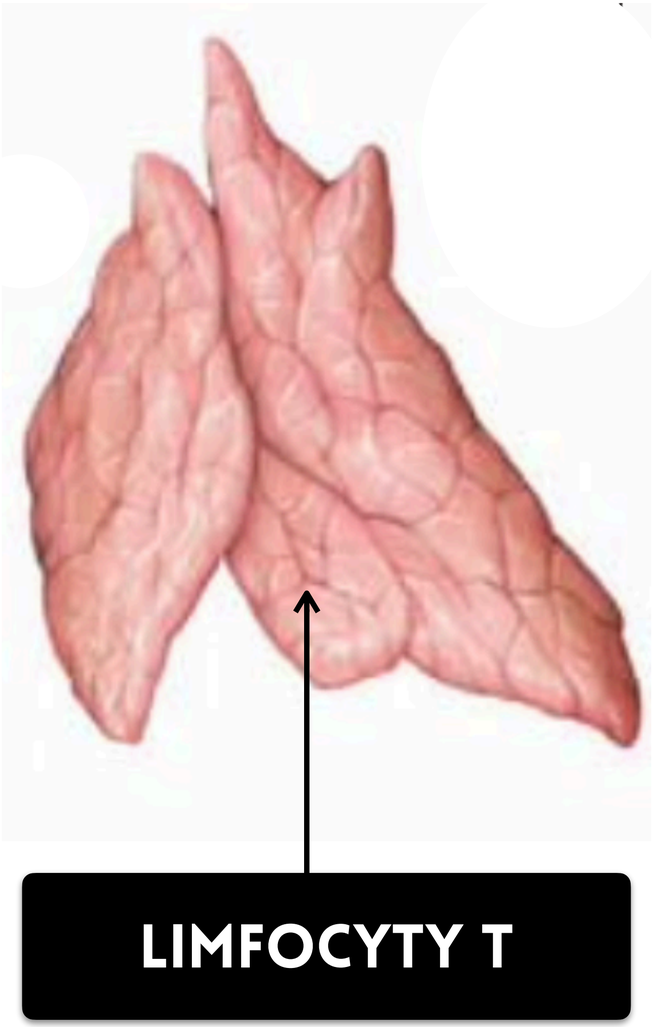
KOMÓRKI

- leukocyty,
- makrofagi,
- plazmocyty,
- komórki dendrytyczne,
- komórki tuczne.

GRASICA

Grasica jest narządem znajdującym się w **klatce piersiowej**, tuż **za mostkiem**. Charakterystycznymi cechami grasicy są: zjawisko **inwolucji** (rodzaj zaniku) w momencie uzyskania dojrzałości płciowej oraz gromadzenie się w narządzie **tkanki tłuszczowej**.

Grasica jest miejscem, w którym **dojrzewają limfocyty T**. Podstawową funkcją grasicy jest **„nauczenie" limfocytów T rozpoznawania własnych antygenów od antygenów obcych**. Te limfocyty, które nie spełnią tego wymogu, ulegają w grasicy **apoptozie**.



GRASICA



Grasica jest **niezbędna dla rozwoju odporności organizmu**.

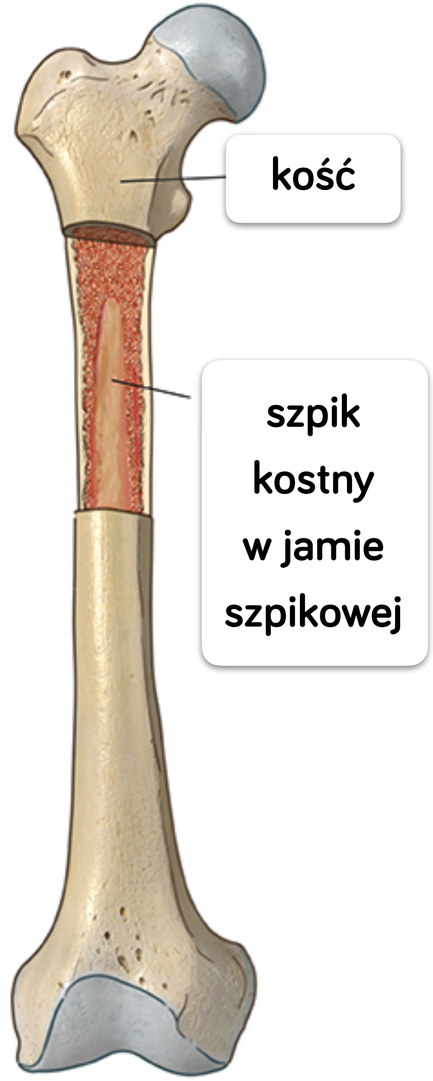
We wrodzonym braku tego narządu układ chłonny jest niewykształcony i istnieje upośledzona immunologiczna odporność komórkowa wraz z całkowitym brakiem przeciwciał lub zbyt małą ich ilością.

SZPIK KOSTNY

Szpik kostny to tkanka znajdująca się **wewnątrz jam szpikowych kości**.

Wyróżnia się dwa rodzaje szpiku kostnego:

- **czerwony** - w którym ma miejsce powstawanie wszystkich **elementów morfotycznych krwi** (erytrocytów, trombocytów i leukocytów),
- **żółty** - składający się głównie z **komórek tłuszczowych**, którego zawartość wraz z wiekiem u każdego człowieka wzrasta, ten rodzaj szpiku nie bierze udziału w produkcji krwinek.



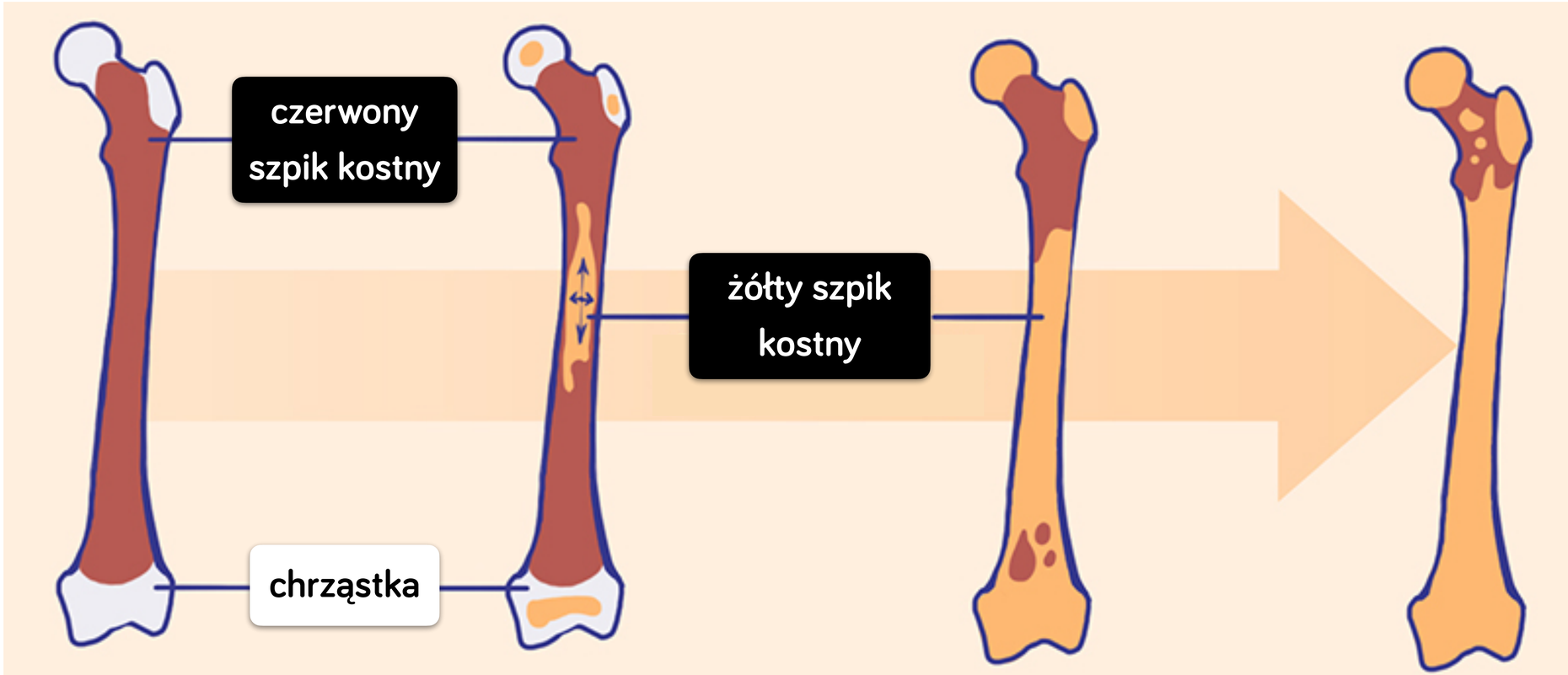
SZPIK KOSTNY



Podstawową jednostką budulcową szpiku kostnego jest **tkanka łączna siateczkowata** oraz **naczynia włosowate o specjalnej budowie** – o cienkich ściankach i licznych porach.

U **płodu i noworodka** szpik kostny czerwony wypełnia **wszystkie kości**. Z wiekiem czerwony szpik przekształca się w żółty i u osób **dorosłych** czerwony szpik kostny występuje jedynie w **kościach płaskich** (mostku, trzonach kręgów, żebrach, kościach czaszki, kościach miednicy i łopatkach) oraz w **nasadach kości długich**.

SZPIK KOSTNY



niemowę
0-1 rok

dziecko
1-10 lat

nastolatek
10-20 lat

dorosły
powyżej 20 lat

SZPIK KOSTNY

Kości, w których występuje szpik kostny czerwony u osób dorosłych.



mostek



kręg



łopatka



nasada kości udowej

ŚLEDZIONA

Śledziona jest **największym narządem limfatycznym** w organizmie. Położona jest w l**ewym podżebrzu**. W odróżnieniu od pozostałych narządów tego układu leży na przebiegu **naczyń krwionośnych**, a nie limfatycznych.



Funkcje śledziony:

- jest miejscem **fagocytozy starych, uszkodzonych, nieprawidłowych krwinek**,
- w okresie **płodowym** powstają w niej **krwinki**,
- stanowi **magazyn krwi**, która jest wyrzucana ze śledziony do krwiobiegu np. podczas intensywnego wysiłku fizycznego,
- bierze udział w odpowiedzi odpornościowej na drodze **stymulacji limfocytów do produkcji przeciwciał**.

WĘZŁY CHŁONNE

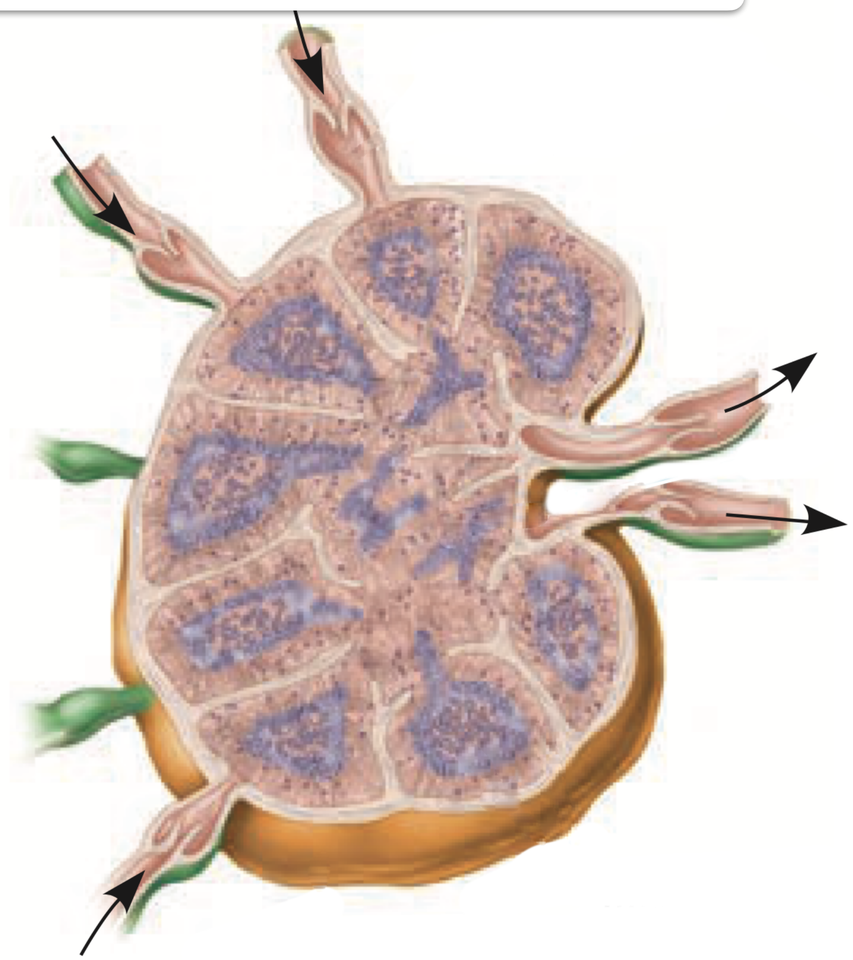


Węzły chłonne to niewielkie struktury o kształcie **fasoli**. Leżą na przebiegu naczyń limfatycznych, więc przepływa przez nie **limfa** (chłonka), która jest w węzłach chłonnych **filtrowana** z drobnoustrojów i ich toksyn. Dzieje się to dzięki licznym włóknom kolagenowym i siateczkowym zatrzymującym drobnoustroje, które są tam następnie **fagocytozowane**.

W węzłach chłonnych dochodzi też do intensywnego **namnażania się limfocytów** oraz **produkcji przeciwciał** przez plazmocyty. Proces zapalny toczący się w obrębie węzłów zazwyczaj prowadzi do ich **powiększenia**.

WĘZŁY CHŁONNE

kierunek przepływu limfy przez węzeł





w wyniku infekcji węzły chłonne często się powiększają, szczególnie u dzieci

GRUDKI CHŁONNE I MIGDAŁKI



Grudki chłonne to **kuliste skupiska tkanki siateczkowej**, które w swojej budowie podobne są do większych od nich węzłów chłonnych.

W oczkach siateczki znajdują się **limfocyty**. W trakcie reakcji immunologicznej w środku grudki chłonnej tworzy się **ośrodek namnażania limfocytów**, które następnie przekształcają się w komórki **plazmatyczne** produkujące **przeciwciała**.

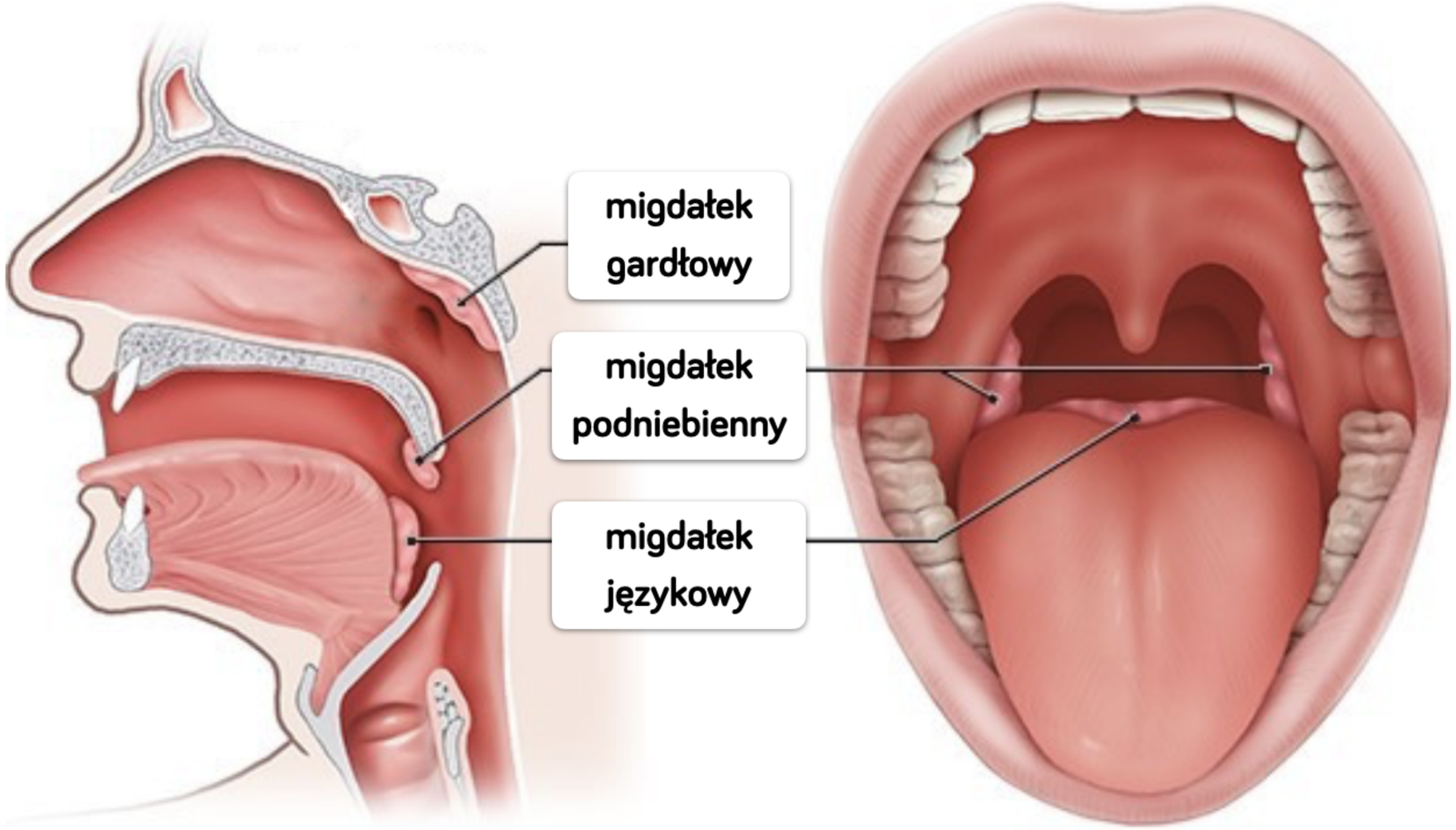
GRUDKI CHŁONNE I MIGDAŁKI



Grudki chłonne są przede wszystkim obecne w błonie śluzowej układów: **oddechowego** i **pokarmowego**, szczególnie w ścianie wyrostka robaczkowego.

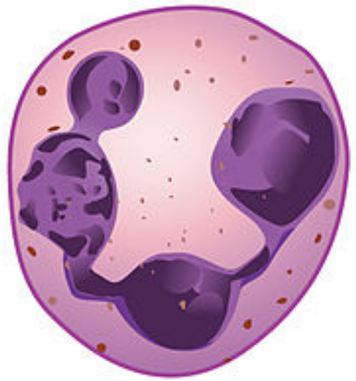
Duże skupiska grudek noszą nazwę **migdałków**. Wyróżnia się migdałki: językowy, gardłowy i podniebienny. Ich położenie pozwala na szybkie zwalczenie drobnoustrojów dostających się do organizmu wraz z powietrzem lub z pokarmem.

GRUDKI CHŁONNE I MIGDAŁKI



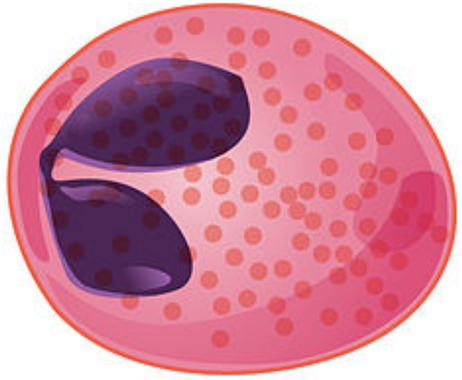
LEUKOCYTY - GRANULOCYTY

NEUTROFIL



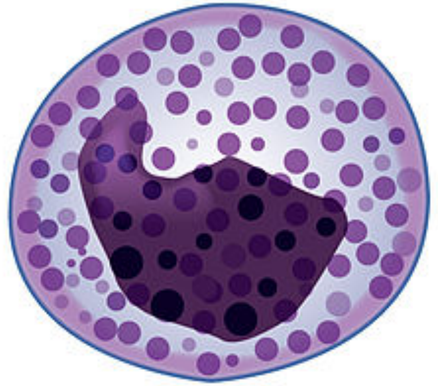
fagocytuje bakterie, które rozkłada z udziałem enzymów lizosomalnych

EOZYNOFIL



także jest zdolny do **fagocytozy**; bierze udział w zwalczaniu **infekcji pasożytniczych**

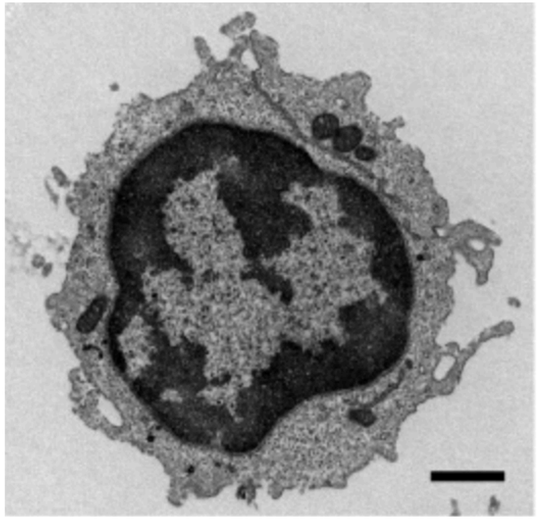
BAZOFIL

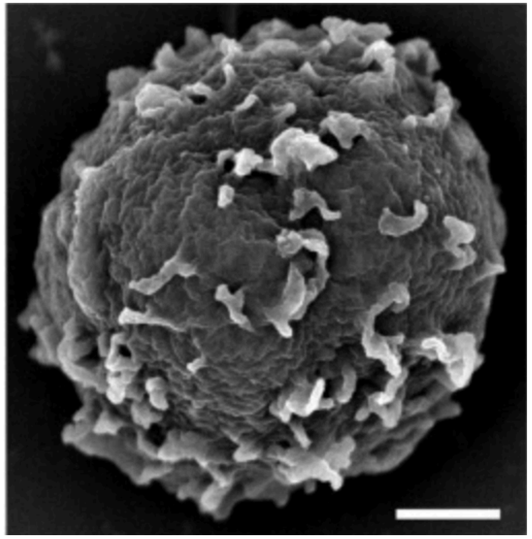


uwalnia **histaminę**, która zwiększa przepuszczalność naczyń; bierze udział w reakcjach **zapalnych** i **alergicznych**

LIMFOCYTY T – AGRANULOCYTY

- powstają w **szpiku kostnym**, ale dojrzewają w **grasicy**, skąd migrują do krwi obwodowej oraz narządów limfatycznych,
- odpowiedzialne są za **komórkową odpowiedź immunologiczną**,
- mogą żyć od kilku miesięcy do kilku lat
- ze względu na pełnioną funkcję, dzieli się je na **trzy grupy**,
- rozpoznają antygeny za pomocą **receptorów TCR.**





RODZAJE LIMFOCYTÓW T



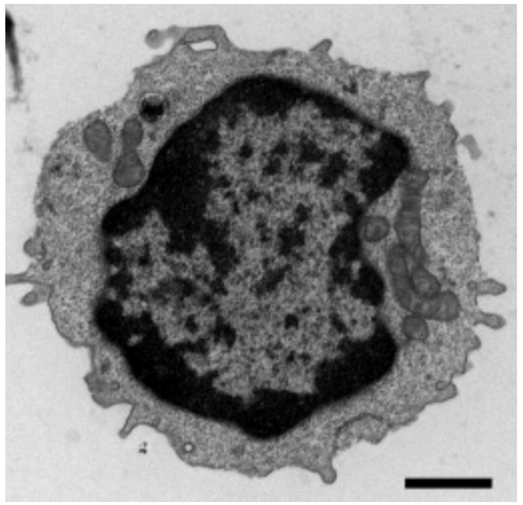
- limfocyty **Tc** - **cytotoksyczne** - są odpowiedzialne za niszczenie komórek zakażonych przez drobnoustroje oraz za niszczenie komórek nowotworowych.

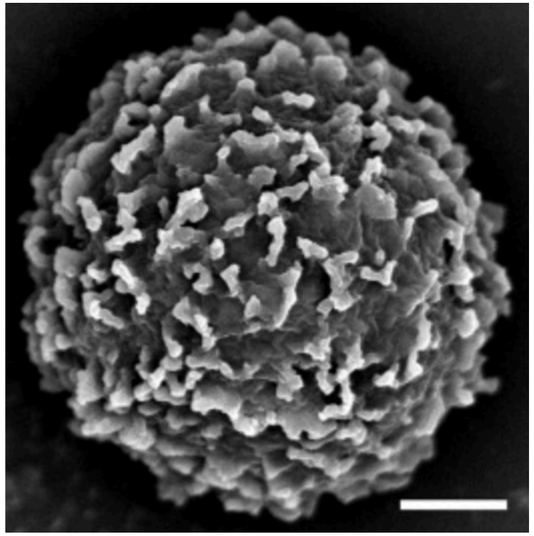
- limfocyty **Th - pomocnicze** - wspomagają odpowiedź humoralną i komórkową poprzez bezpośredni kontakt oraz wydzielanie cytokin. Ponadto ułatwiają aktywację limfocytów B

- limfocyty **Ts - supresorowe** - są odpowiedzialne za hamowanie nadmiernej reakcji immunologicznej, zabezpieczają organizm przed autoagresją, chronią płód przed odrzuceniem przez układ odpornościowy matki

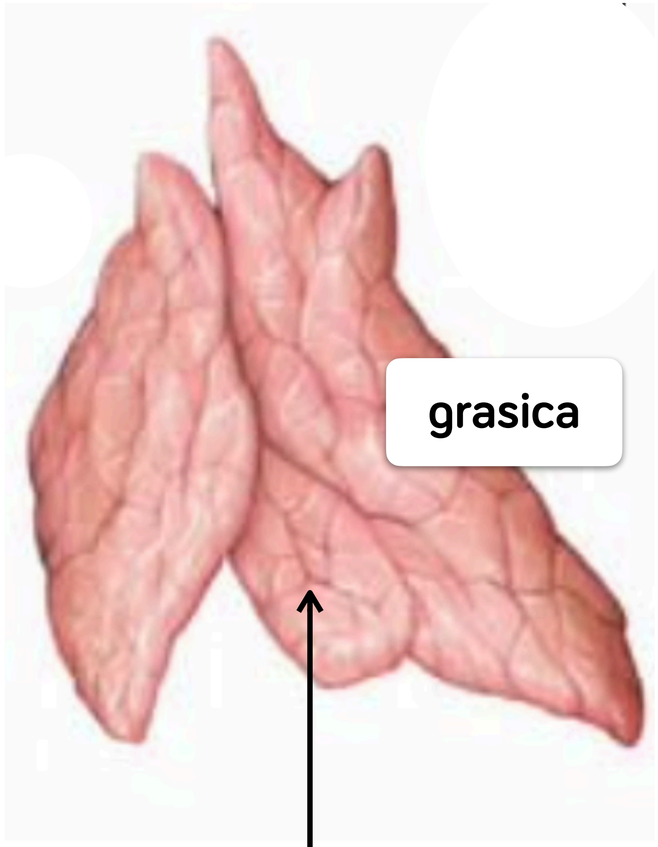
LIMFOCYTY B

- powstają w **szpiku kostnym** i w nim też dojrzewają,
- odpowiedzialne są za **humoralną odpowiedź immunologiczną**,
- w obwodowych narządach limfatycznych część z nich ulega różnicowaniu w **komórki plazmatyczne**, czyli **plazmocyty**, które produkują **przeciwciała,**
- pozostała część limfocytów B przekształca się w **komórki pamięci,**
- rozpoznają antygeny za pomocą **receptorów BCR.**





MIEJSCE DOJRZEWANIA LIMFOCYTÓW



LIMFOCYTY T

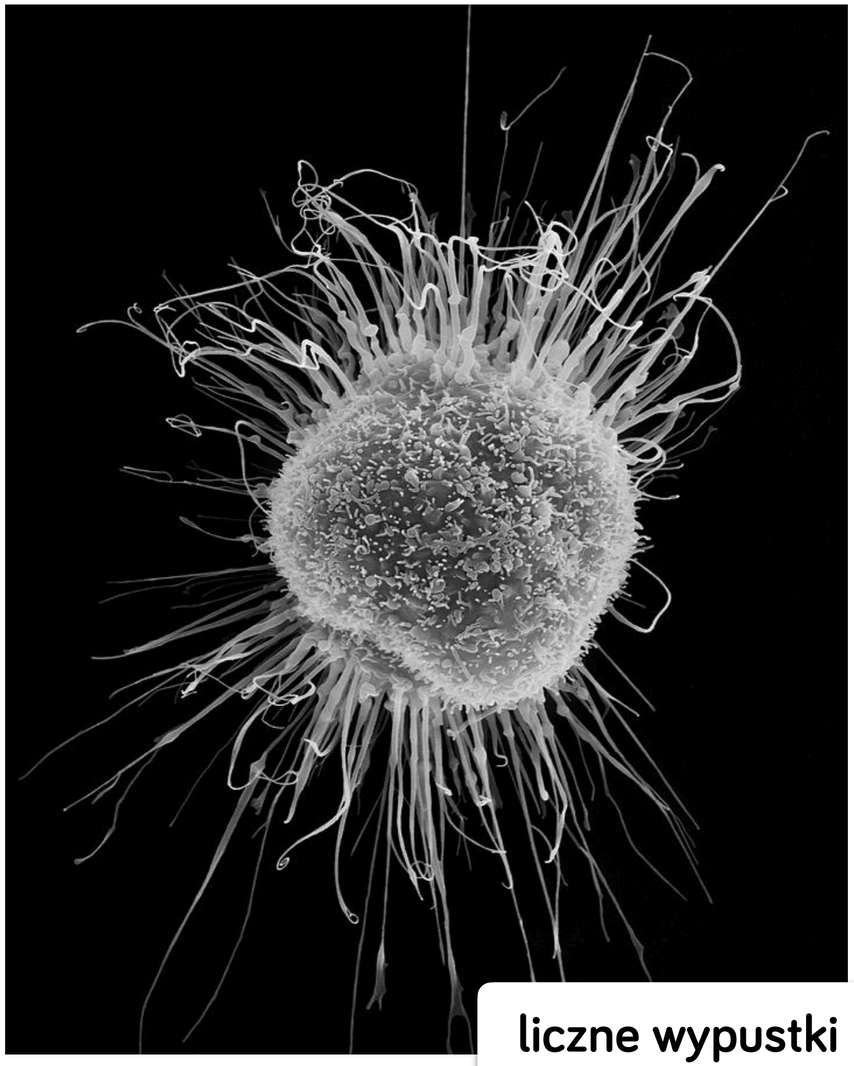


LIMFOCYTY B

KOMÓRKI DENDRYTYCZNE - KOMÓRKI ŻERNE

Główną funkcją komórek dendrytycznych jest pochwycenie, przeniesienie do węzłów chłonnych i **prezentacja antygenu limfocytom Th.**

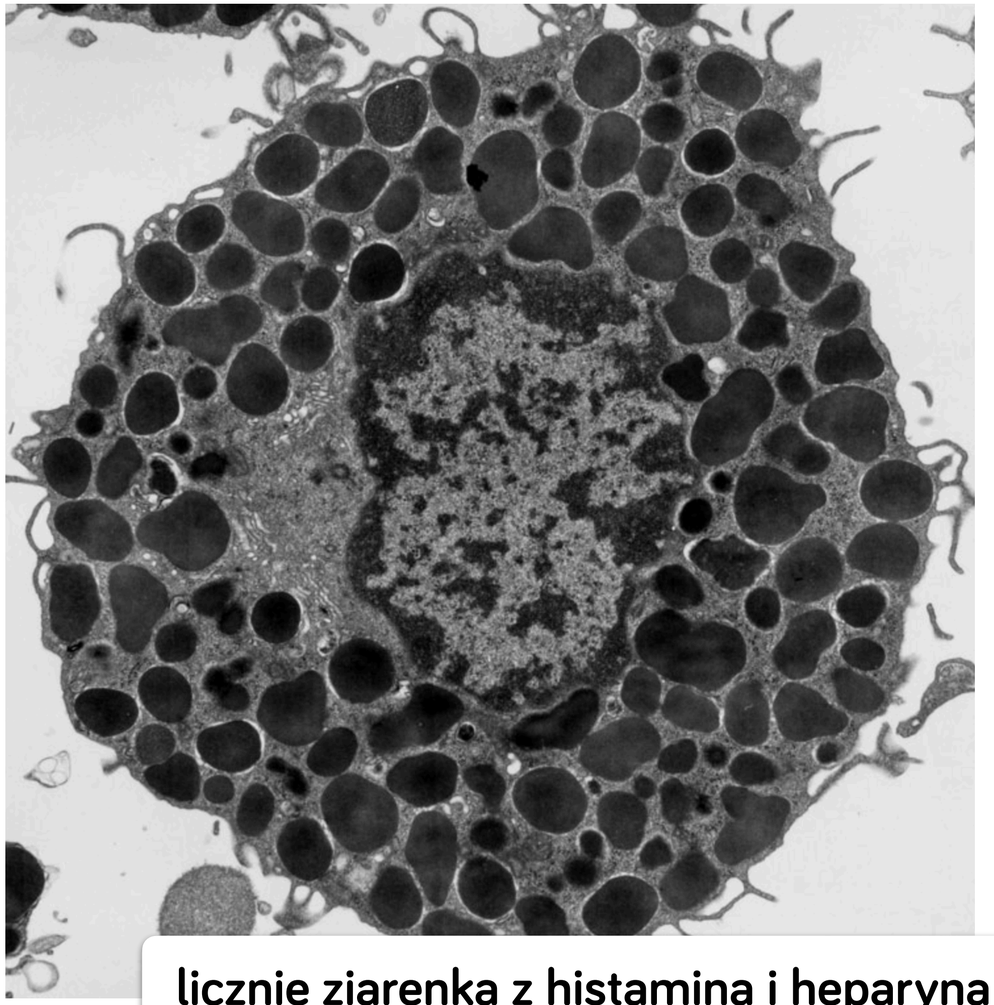
Nazwa komórki dendrytycznej pochodzi od charakterystycznego wyglądu, podobnego do **komórki nerwowej**, która posiada liczne, rozgałęziające się wypustki - **dendryty**.



liczne wypustki

KOMÓRKI TUCZNE (MASTOCYTY)

Mastocyty to komórki tkanki łącznej oraz błon śluzowych. Są bardzo podobne zarówno pod względem wyglądu, jak i funkcji do **bazofili**. Uczestniczą w reakcjach **alergicznych** oraz odgrywają istotną rolę w **procesach zapalnych**. Uwalniają **histaminę** i **heparynę** - związek hamujący krzepnięcie krwi.

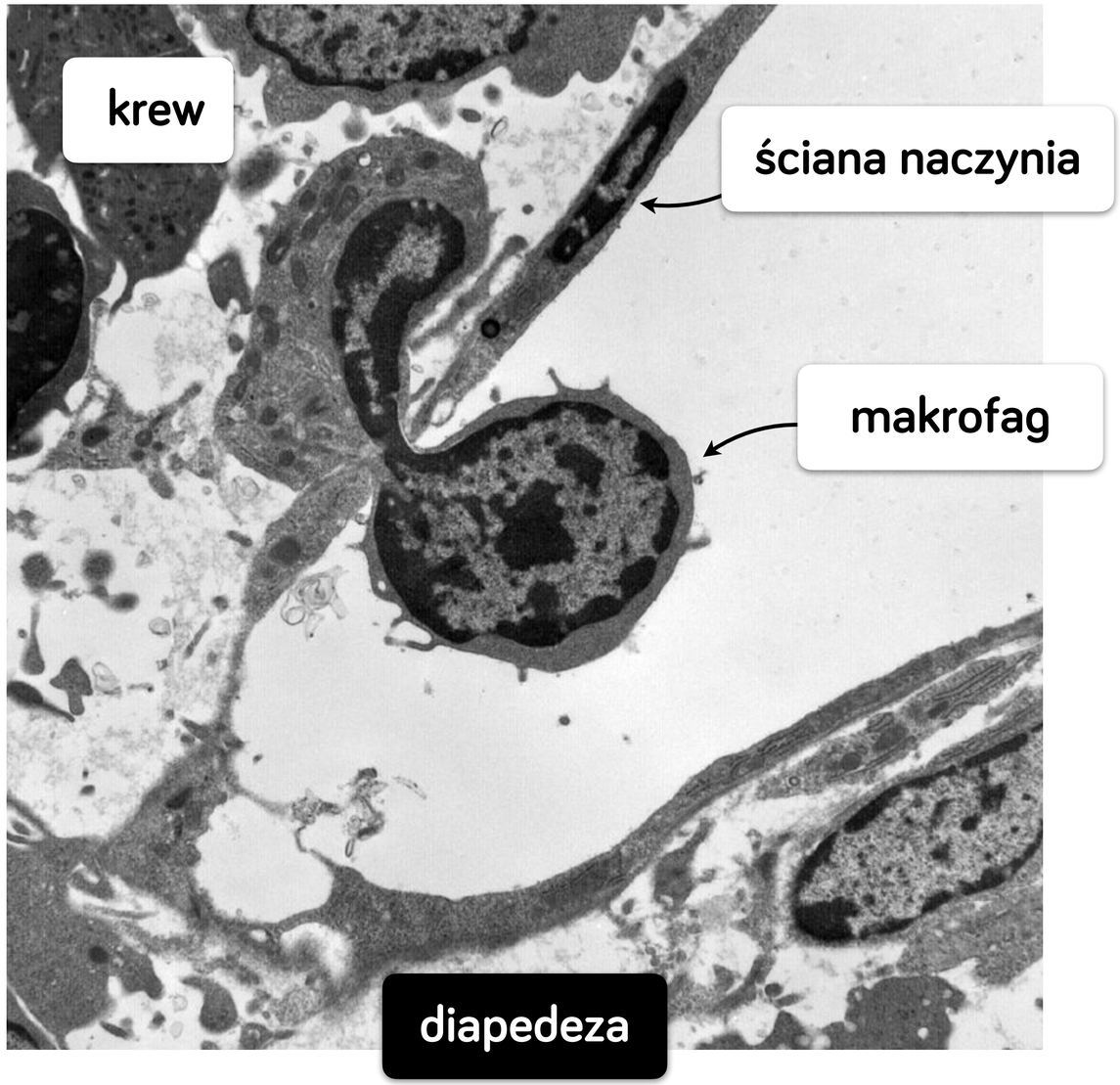


licznie ziarenka z histaminą i heparyną

MAKROFAGI

Ich główną funkcją jest przeprowadzanie **fagocytozy**.

Uważa się, ze makrofagi powstają z **monocytów**, które przechodzą przez ściany naczyń krwionośnych i dostają się do tkanek - proces ten nosi nazwę **diapedezy**.





RODZAJE ODPORNOŚCI



ODPORNOŚĆ NIESWOISTA

nie jest skierowana przeciwko konkretnemu patogenowi

jest **wrodzona**

wiąże się z naturalnymi **bateriami**, **wydzielinami** organizmu, **odruchami** obronnymi i komórkami układu odpornościowego

stanowi **I** i **II** linię obrony

ODPORNOŚĆ SWOISTA

jest skierowana przeciwko **konkretnemu** patogenowi

jest **nabyta**

tworzą ją limfocyty, plazmocyty i **przeciwciała**

stanowi **III** linię obrony

ODPORNOŚĆ NIESWOISTA – I LINIA OBRONY



- **nieuszkodzona skóra**, stanowiąca mechaniczną barierę dla drobnoustrojów (nabłonek wielowarstwowy płaski)
- błona śluzowa przewodu pokarmowego, dróg oddechowych, która dzięki **śluzowi** i **rzęskom** (drogi oddechowe) zatrzymuje i usuwa liczne patogeny,
- **niskie pH potu** (pH = 5,5) i **soku żołądkowego** (pH = 1-2), które utrudnia rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych,

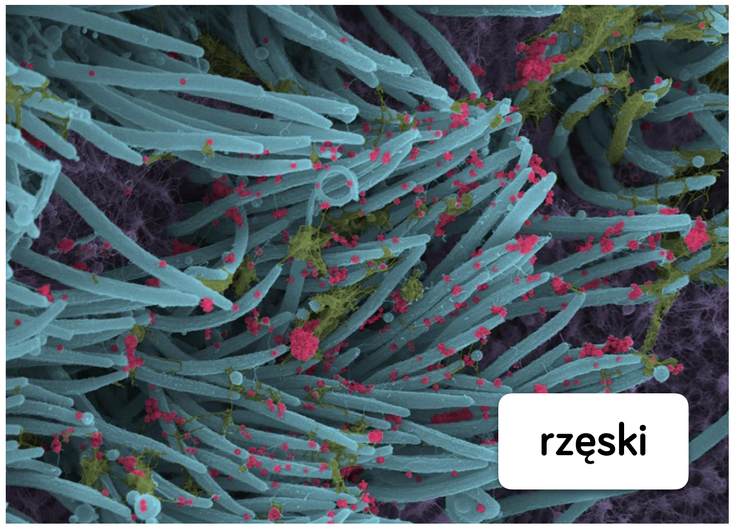
ODPORNOŚĆ NIESWOISTA – I LINIA OBRONY



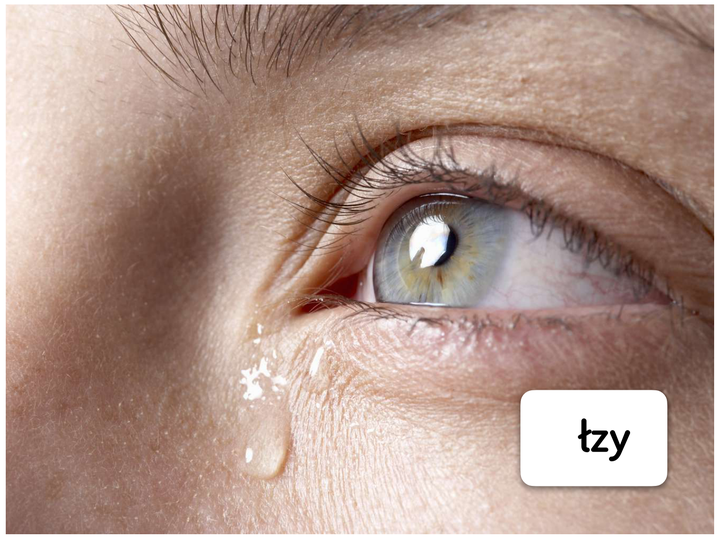
- **mikroflora jelitowa**, która na drodze konkurencji eliminuje chorobotwórcze bakterie,
- ślina i łzy zawierające **lizozym** — białko o działaniu **bakteriobójczym**,
- **fizjologiczne odruchy obronne**, np: kaszel, kichanie, wymioty, biegunka, które umożliwiają gwałtowne pozbycie się patogenów z organizmu,

ODPORNOŚĆ NIESWOISTA – I LINIA OBRONY

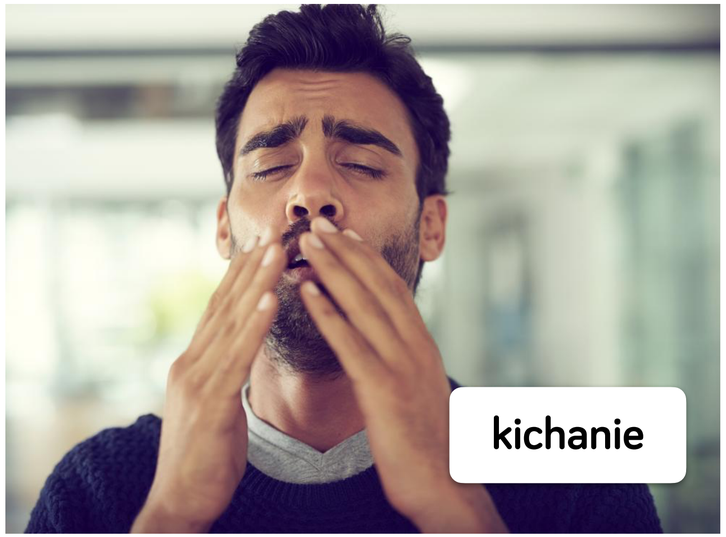

skóra


rzęski


sok żołądkowy


łzy


mikroflora


kichanie

ODPORNOŚĆ NIESWOISTA – II LINIA OBRONY



Gdy bariery tworzące pierwszą linię obronę okażą się **niewystarczające**, do ataku rusza **druga linia obrony** w postaci **białek osocza krwi** (interferon, układ dopełniacza, białka ostrej fazy) oraz komórek:

- granulocytów (neutrofile, eozynofile, bazofile),
- komórek NK - natural killer,
- makrofagów.

ODPORNOŚĆ SWOISTA - III LINIA OBRONY



Ostatnia - **III linia obrony** - stanowi odporność **swoistą.** Udział w niej biorą przede wszystkim **limfocyty T** i **limfocyty B**, które różnicują się w komórki **pamięci** i **plazmocyty** produkujące **przeciwciała**. Przeciwciała są skierowane zawsze przeciwko konkretnym antygenom, z którymi swoiście się wiążą.

Odpornośc swoista jest **nabyta** - układ odpornościowy uczy się jej w ciągu życia człowieka.

Na wytworzenie tego typu odporności potrzebne jest **kilka dni**, lecz mechanizmy raz uruchomione bardzo **skutecznie** zwalczają patogeny.

ODPORNOŚĆ SWOISTA – III LINIA OBRONY



Wyróżnia się dwa mechanizmy odpowiedzi swoistej :

ODPOWIEDŹ KOMÓRKOWA

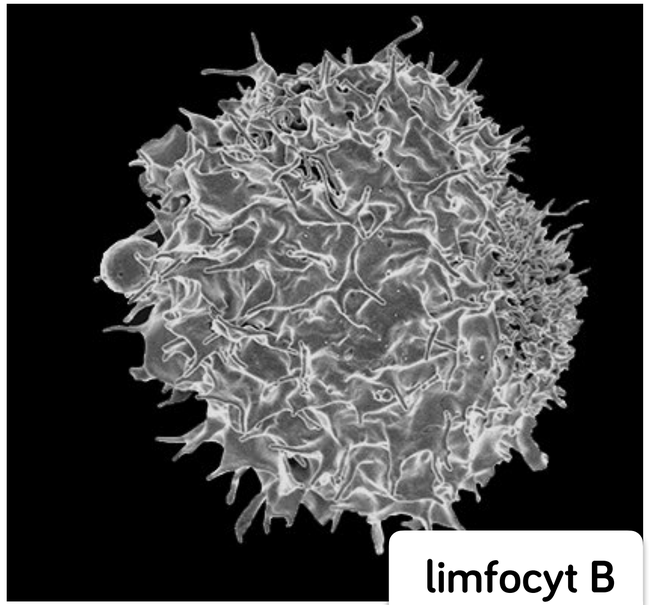
warunkowana przez **komórki** (**limfocyty T**), polegająca na **niszczeniu** komórek zakażonych lub nowotworowych

ODPOWIEDŹ HUMORALNA

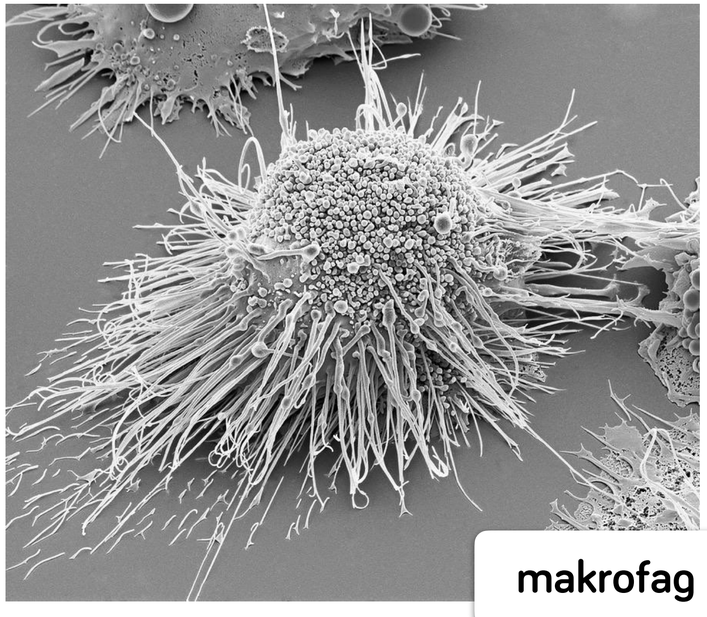
warunkowana przez **przeciwciała**, polegająca na wytwarzaniu przez **plazmocyty** przeciwciał, których zadaniem jest wiązanie antygenów

PREZENTACJA ANTYGENU

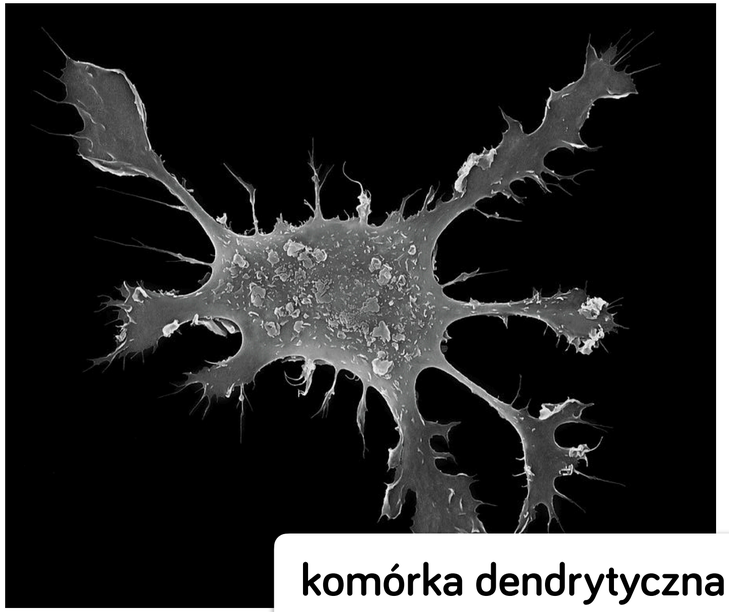
Niektóre komórki układu odpornościowego, takie jak: **makrofagi**, **komórki dendrytyczne** i **limfocyty B**, są **komórkami prezentującymi antygen**. Prezentacja antygenu polegają na „ukazaniu” antygenu limfocytom T przy udziale **cząsteczek MHC-II**. Głównym celem prezentacji antygenów jest rozwinięcie odpowiedzi swoistej na prezentowany antygen.



limfocyt B



makrofag



komórka dendrytyczna

BIAŁKA MHC KLASY I



Białka MHC klasy I (MHC-I) występują w błonie komórkowej wszystkich komórek organizmu.

Prezentują one krótkie **peptydy** powstałe w wyniku **rozpadu własnych białek komórki.** Są to tzw. **antygeny wewnętrzne.**

Limfocyty Tc w czasie dojrzewania **uczą się rozpoznawać**, jakie peptydy prezentowane są przez białka MHC-I prawidłowej, zdrowej komórki.

BIAŁKA MHC KLASY II



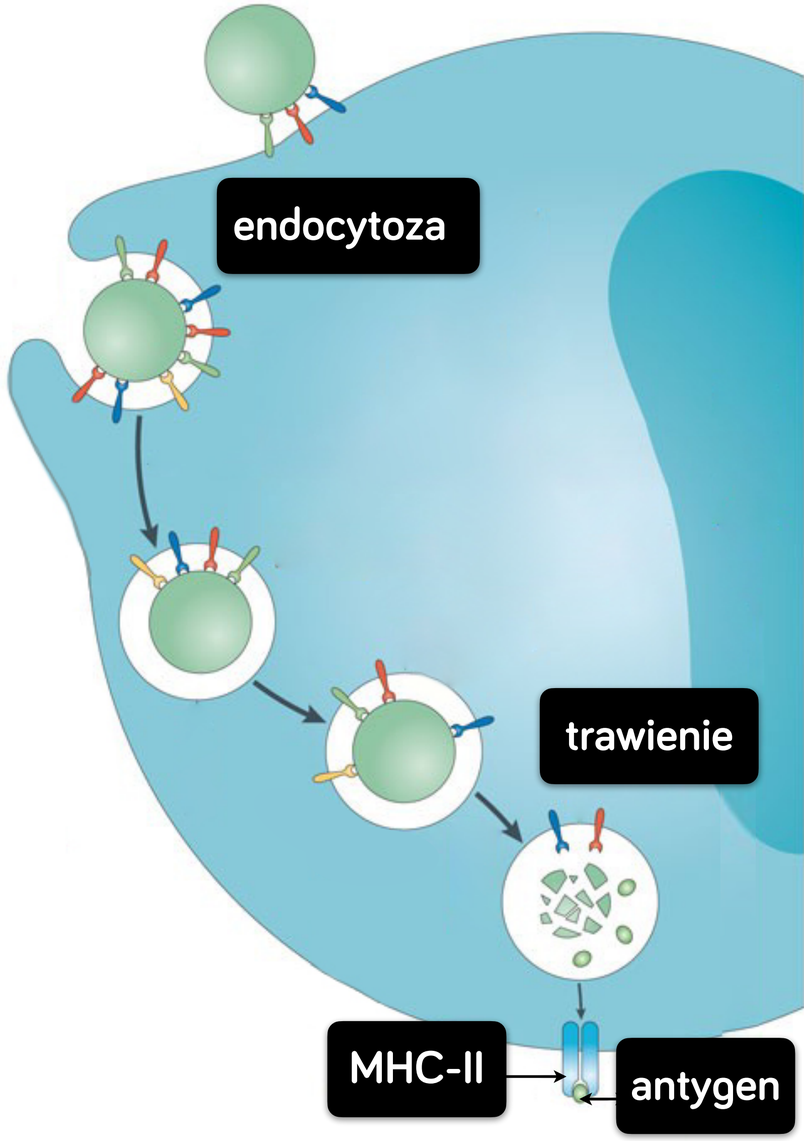
Białka MHC klasy II (MHC-II) występują w błonie komórkowej komórek prezentujących antygen (APC).

Prezentują one krótkie **peptydy** powstałe w wyniku **rozpadu białek sfagocytowanych komórek.** Są to tzw. **antygeny zewnętrzne.**

Limfocyty Th rozpoznają obcy antygen i wiążą się z nim zapoczątkowując mechanizmy odporności komórkowej i humoralnej .

PREZENTACJA ANTYGENU

- Makrofagi i komórki dendrytyczne na drodze **fagocytozy** pochłaniają patogeny, które trawią za pomocą enzymów lizosomalnych. Antygeny powstałe w wyniku trawienia są wbudowywane w cząsteczki **MHC-II** obecne w błonie komórkowej.
- Limfocyty B pochłaniają antygeny na drodze **pinocytozy** i też prezentują z udziałem **MHC-II**.



ROLA LIMFOCYTÓW T_H W OBU TYPACH ODPOWIEDZI



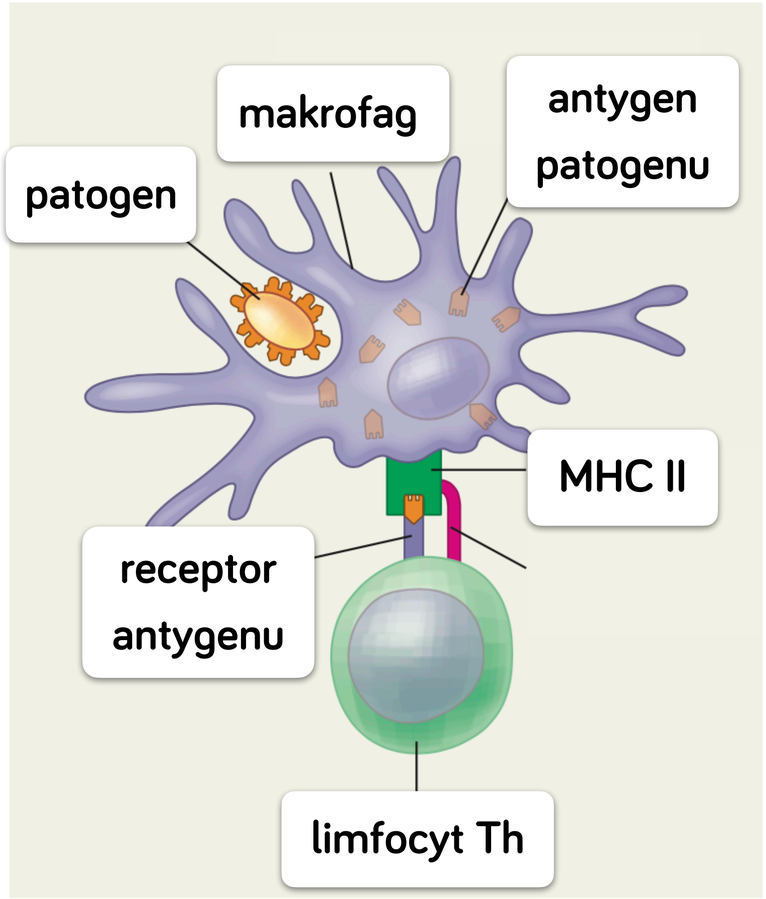
Limfocyty **Th** (pomocnicze) wyzwalają obie odpowiedzi immunologiczne: **humoralną** i **komórkową**.

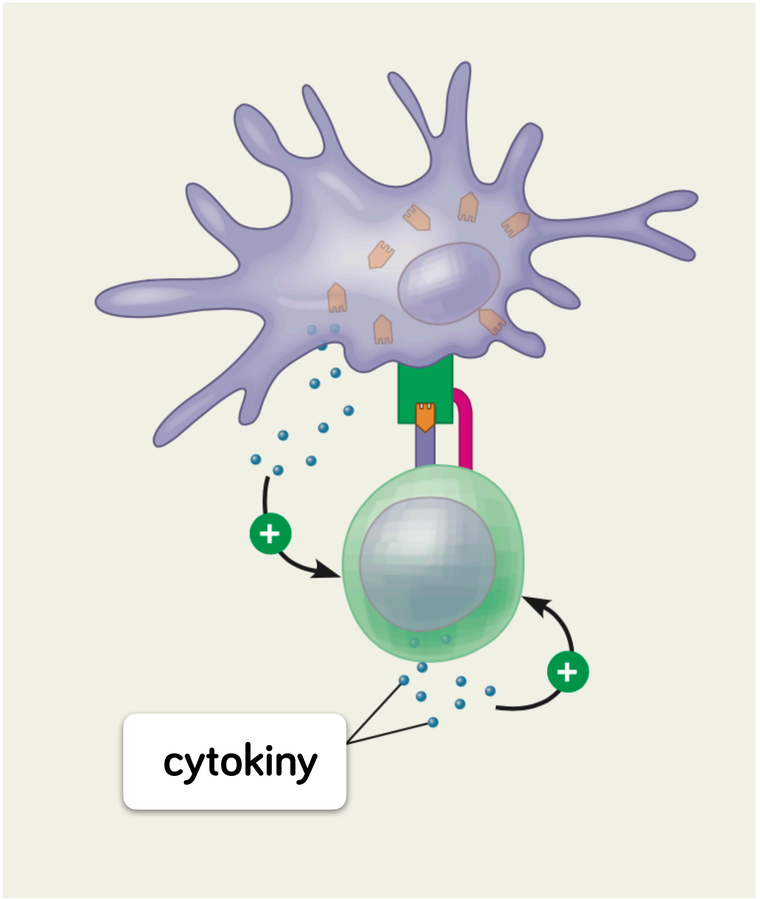
1. Bakteria zostaje **sfagocytowana** przez komórkę żerną, np. **makrofaga**, który następnie **prezentuje bakteryjne antygeny** z udziałem cząsteczek **MHC-II limfocytom Th** (pomocniczym).

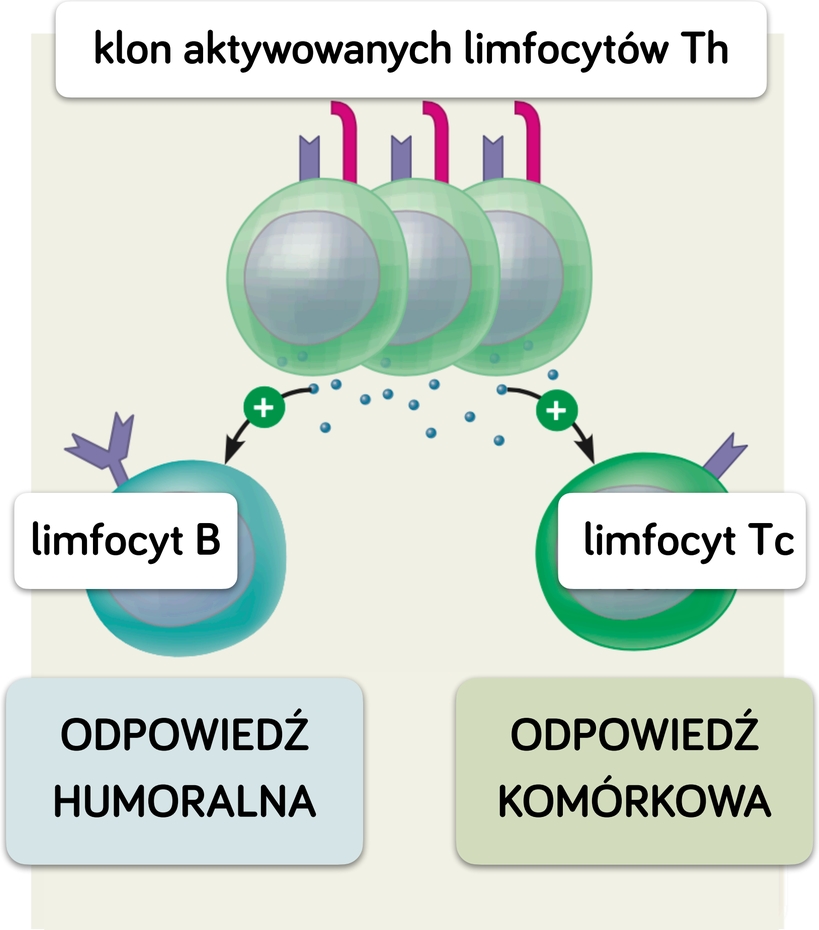
2. Limfocyt Th rozpoznaje obcy antygen i wiąże się z nim, co prowadzi do wydzielenia **cytokin**. Cytokiny aktywują limfocyt Th i stymulują jego podziały.

3. W wyniku proliferacji powstaje **klon aktywowanych limfocytów Th**. Wszystkie komórki tego klonu maja receptory dla tego samego antygenu i wszystkie wydzielają **cytokiny**, które pomagają aktywować **limfocyty Tc (cytotoksyczne)** - odpowiedź komórkowa i **limfocyty B** - odpowiedź humoralna.

ROLA LIMFOCYTÓW T_H W OBU TYPACH ODPOWIEDZI







1. prezentacja antygenu limfocytowi Th

2. aktywacja limfocytu Th i produkcja cytokin

3. selekcja klonalna limfocytów Th oraz pobudzenie limfocytów B i limfocytów Tc

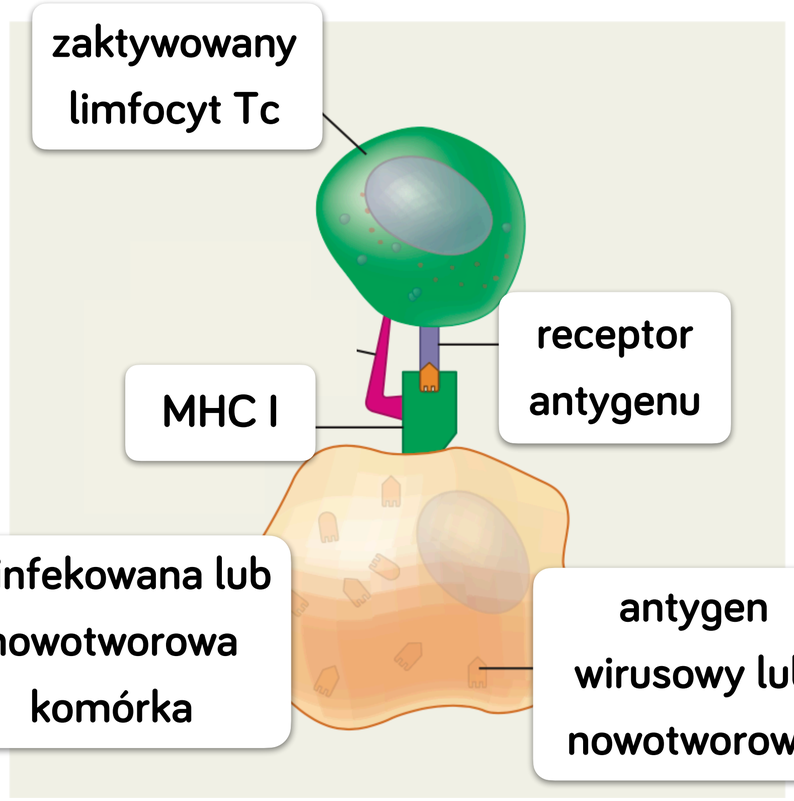
ODPOWIEDŹ KOMÓRKOWA

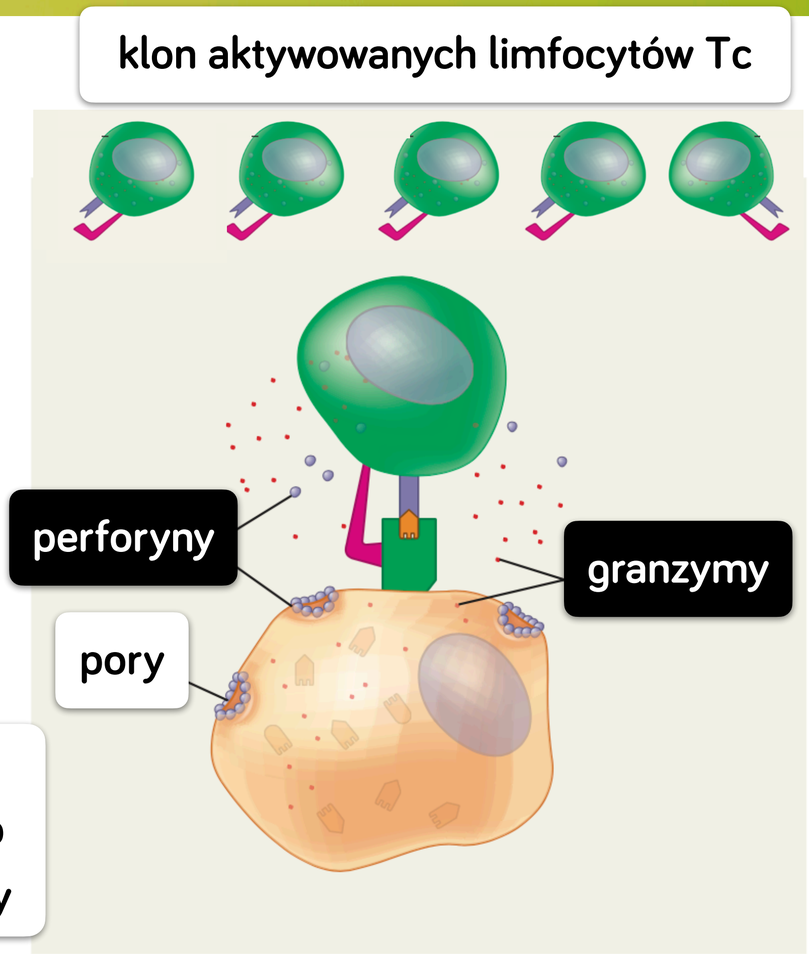


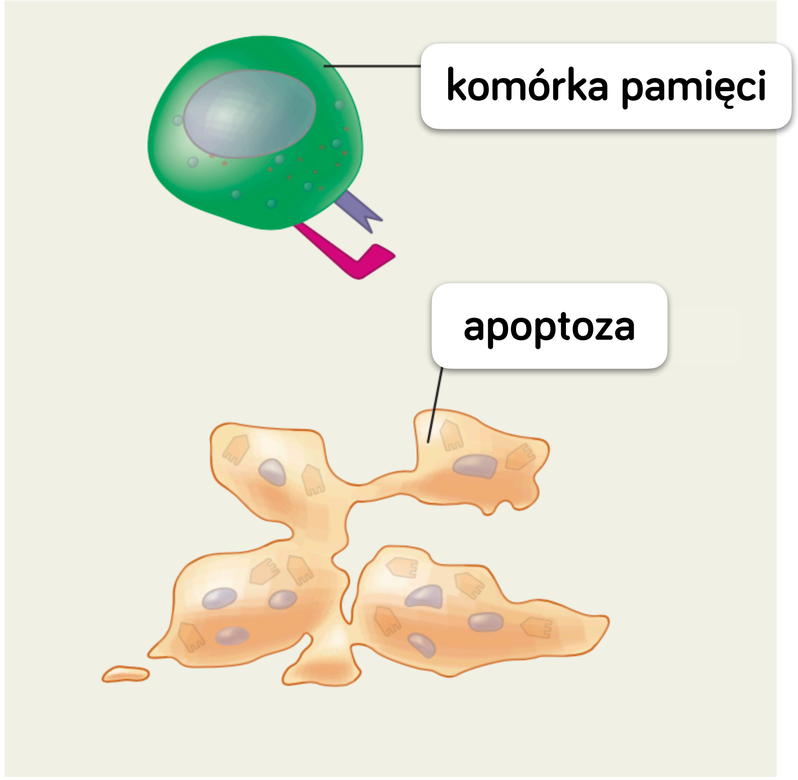
1. Zainfekowane wirusem komórki, a także komórki nowotworowe mają w swojej błonie komórkowej cząsteczki **MHC-I** związane z **antygenem wirusa** lub **antygenem nowotworowym**. Wtedy to zaktywowany wcześniej limfocyt **Tc (cytotoksyczny)** rozpoznaje antygen wirusa albo antygen nowotworowy i wiąże się z nim.

2. Limfocyt Tc ulega **selekcji klonalnej**. Część z namnożonych limfocytów Tc uwalnia **cytotoksyny**, do których należą: **perforyny** - tworzące pory w błonie komórkowej i **granzymy** - enzymy, które rozkładają białka, zapoczątkowując śmierć komórki (**apoptozę**), a część przekształca się w **komórki pamięci.**

ODPOWIEDŹ KOMÓRKOWA







1. prezentacja antygenu zaktywowanemu limfocytowi Tc

2. selekcja klonalna i uwolnienie cytotoksyn przez limfocyt Tc

3. apoptoza komórki zakażonej / nowotworowej

ODPOWIEDŹ HUMORALNA

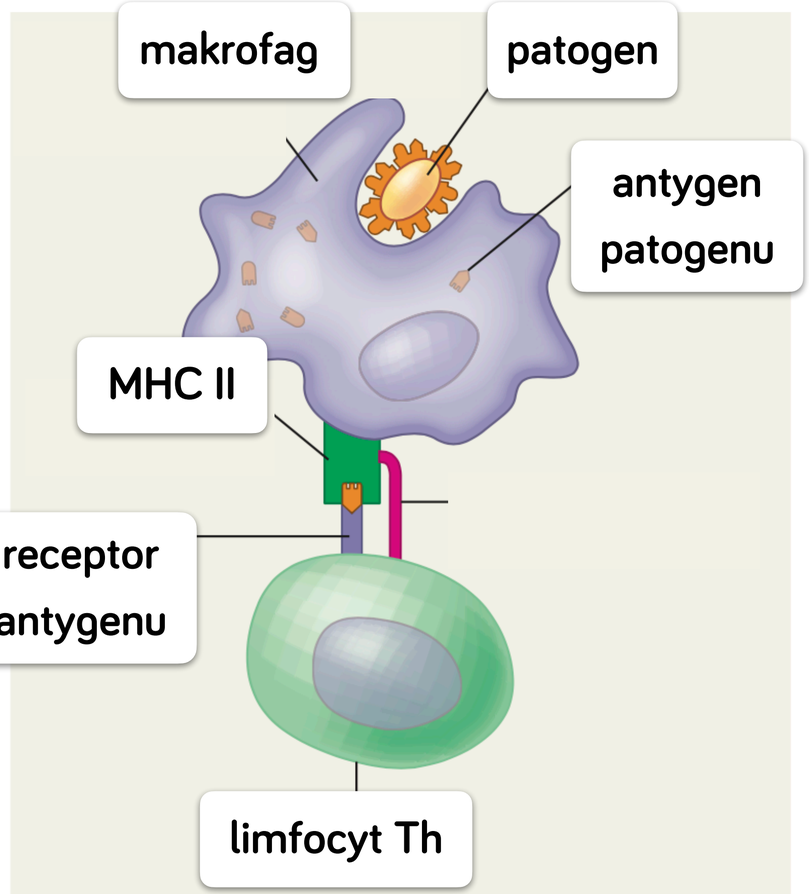


1. Pierwszy etap polega na **aktywacji limfocytów Th**.

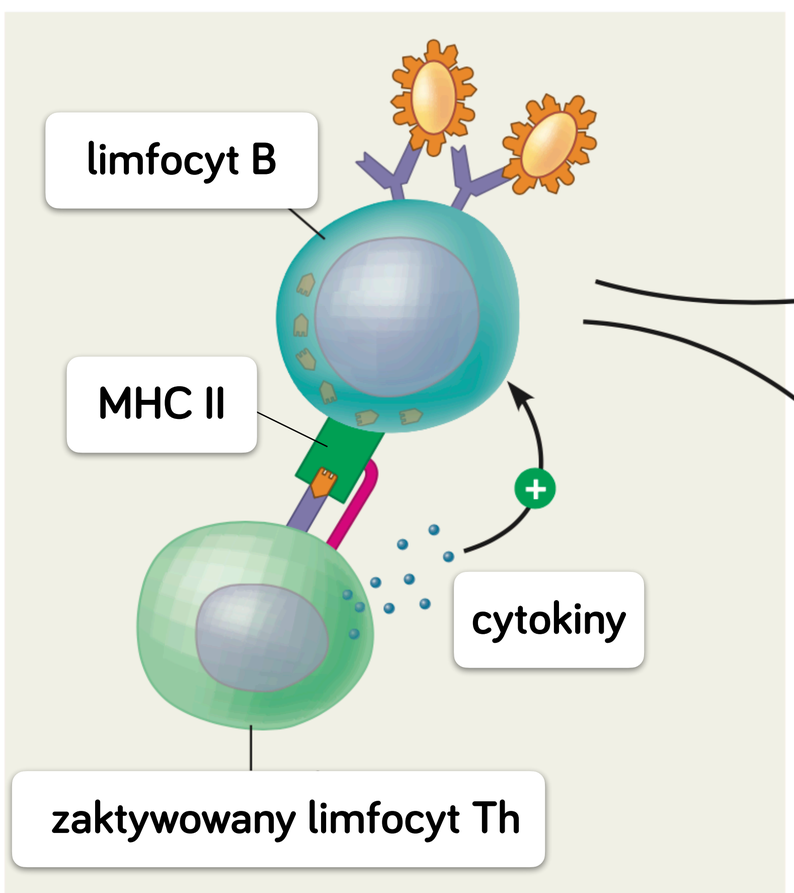
2. Limfocyt B na drodze **pinocytozy** wchłania taki sam antygen, który został wcześniej rozpoznany przez limfocyt Th i **prezentuje go z udziałem cząsteczek MHC-II.** Dochodzi do połączenia limfocytu B z limfocytem Th.

3. Aktywowany limfocyt B dzieli się i różnicuje w **komórki pamięci** oraz w **komórki plazmatyczne** (plazmocyty) produkujące i uwalniające **przeciwciała** swoiste dla tego antygenu, który wywołał odpowiedź.

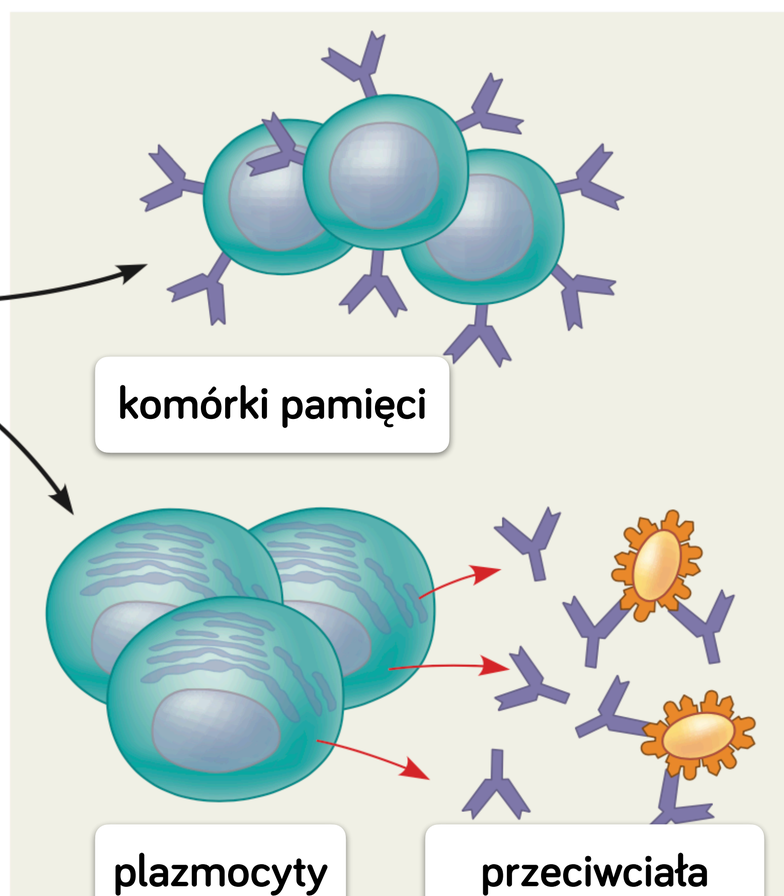
ODPOWIEDŹ HUMORALNA



1. prezentacja antygenu limfocytowi Th i jego aktywacja



2. prezentacja tego samego antygenu przez limfocyt B i połączenie limfocytu B z limfocytem Th

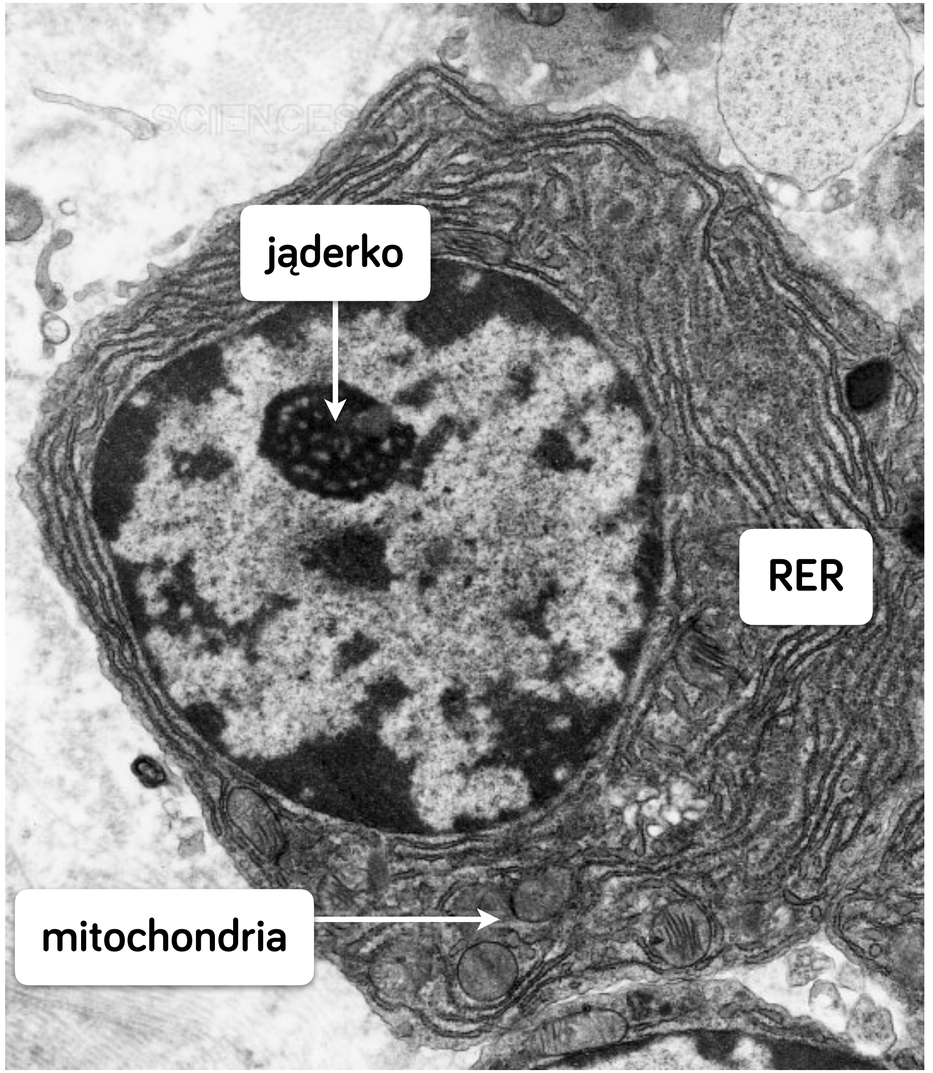


3. powstanie komórek pamięci i plazmocytów, produkcja przeciwciał

KOMÓRKI PLAZMATYCZNE

Plazmocyty mają wszystkie typowe cechy **komórek intensywnie syntetyzujących białka**, ponieważ przeciwciała należą do tej grupy związków i są to:

- dobrze widoczne jąderko,
- obfita siateczka śródplazmatyczna szorstka,
- liczne mitochondria.





PIERWOTNA I WTÓRNA ODPOWIEDŹ IMMUNOLOGICZNA

PIERWOTNA ODPOWIEDŹ IMMUNOLOGICZNA



Pierwotna odpowiedź immunologiczna występuje po **pierwszym** kontakcie z antygenem. Ponieważ rozpoznanie obcego antygenu i produkcja przeciwko niemu przeciwciał **zajmuje kilka dni** od wniknięcia antygenu, to do tego czasu **rozwijają się objawy chorobowe**.

Oprócz przeciwciał dochodzi też do powstania **komórek pamięci**.

WTÓRNA ODPOWIEDŹ IMMUNOLOGICZNA



Powtórny kontakt z tym samym antygenem wywołuje **wtórną odpowiedź immunologiczną**, znacznie szybszą i silniejszą niż pierwotna.

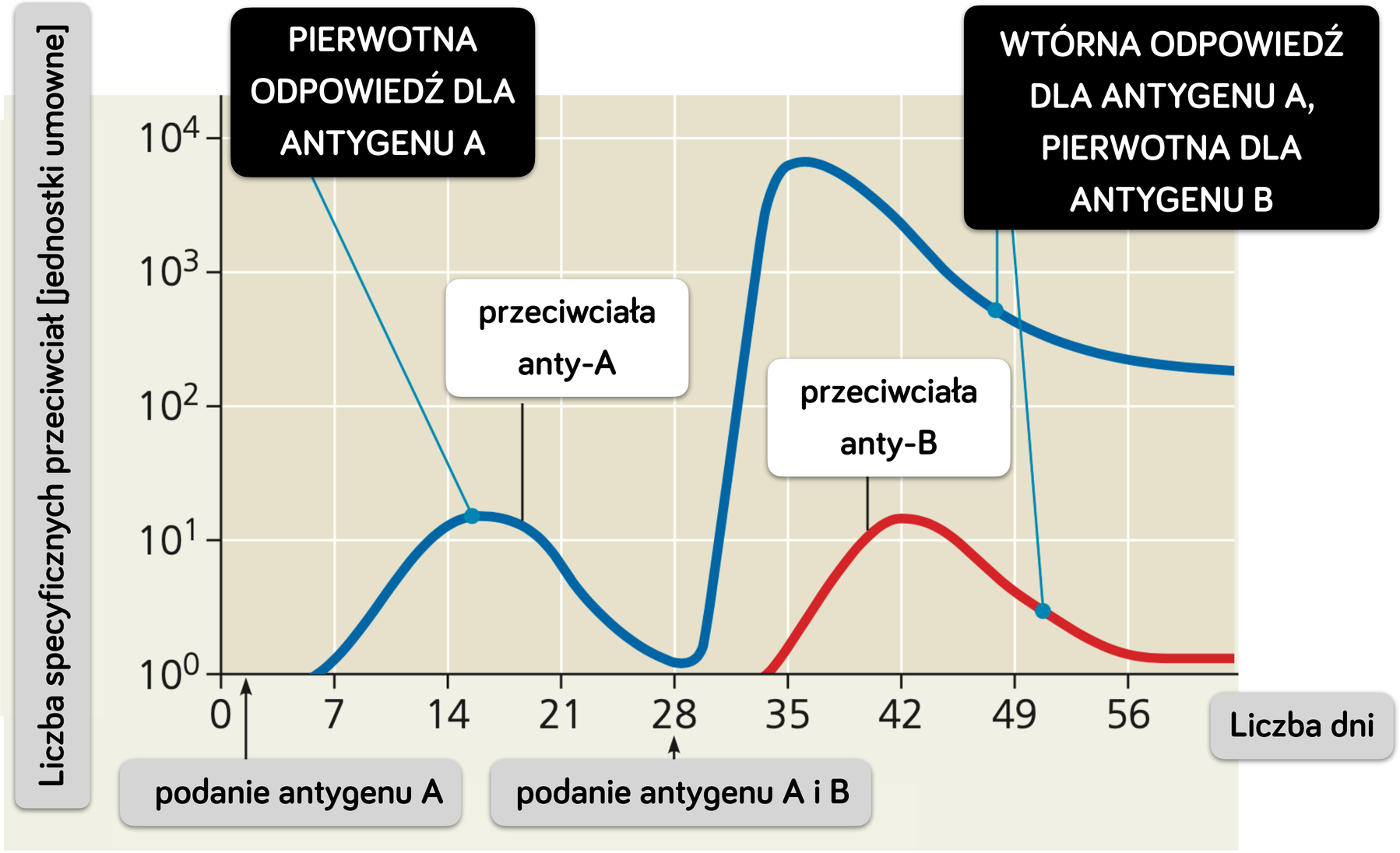
Jest to możliwe dzięki **komórkom pamięci**, powstałym w pierwotnej odpowiedzi. Komórki te pozostają w organizmie przez **wiele lat** i **nie muszą rozpoznawać antygenu**, który ponownie wniknął do organizmu (bo już go znają), więc od razu **przekształcają się w plazmocyty** i w **krótkim czasie** zaczynają **produkować duże ilości przeciwciał**. Dzięki temu patogen zostaje szybko zwalczony i objawy chorobowe nie pojawiają się.

WTÓRNA ODPOWIEDŹ IMMUNOLOGICZNA



Wtórna odpowiedź immunologiczna:

- jest **szybsza** niż pierwotna odpowiedź immunologiczna, bo układ odpornościowy nie traci czasu na rozpoznanie antygenu, który już zna,
- jest **silniejsza** niż pierwotna odpowiedź immunologiczna, bo produkowanych jest **znacznie więcej przeciwciał**
- **utrzymuje się dłużej** niż pierwotna odpowiedź immunologiczna.


PIERWOTNA ODPOWIEDŹ DLA ANTYGENU A
WTÓRNA ODPOWIEDŹ DLA ANTYGENU A, PIERWOTNA DLA ANTYGENU B
przeciwciała anty-A
przeciwciała anty-B
Liczba specyficznych przeciwciał [jednostki umowne]
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
0
7
14
21
28
35
42
49
56
Liczba dni
podanie antygenu A
podanie antygenu A i B



SPOSOBY NABYWANIA ODPORNOŚCI SWOISTEJ

ODPORNOŚĆ CZYNNA I BIERNA



ODPORNOŚĆ CZYNNA

układ odpornościowy sam produkuje przeciwciała

ODPORNOŚĆ BIERNA

układ odpornościowy nie produkuje przeciwciał, są one dostarczanie z zewnątrz

ODPORNOŚĆ CZYNNA

NATURALNA

powstaje w wyniku **przebycia choroby**

towarzyszą jej objawy chorobowe



SZTUCZNA

powstaje w wyniku podania **szczepionki**

nie towarzyszą jej objawy chorobowe



SZCZEPIONKA



Szczepionka to preparat, który w założeniu **imituje naturalną infekcję** i prowadzi do **rozwoju odporności** analogicznej do tej, którą uzyskuje organizm w czasie pierwszego kontaktu z prawdziwym drobnoustrojem (bakterią lub wirusem).

W skład szczepionki wchodzą najczęściej **antygeny**, które uzyskiwane są z **żywych**, lecz **osłabionych** lub **zabitych drobnoustrojów**, ich fragmentów lub **produktów metabolizmu bakterii**, jak również w wyniku **inżynierii genetycznej**. Szczepionki najnowszej generacji (np. **mRNA** lub **wektorowe**) zawierają **informację genetyczną**, na podstawie której (już w komórkach osoby zaszczepionej) produkowany jest antygen.

SZCZEPIONKA



Antygen ze szczepionki jak również antygen wyprodukowany w komórkach osoby zaszczepionej pobudza komórki układu odpornościowego do produkcji swoistych **przeciwciał** (odpowiedź humoralna). Powstają także **komórki pamięci,** które zapewniają długotrwały efekt ochronny szczepienia. W przypadku kolejnego kontaktu z antygenem **wtórna odpowiedź immunologiczna szybciej i skuteczniej eliminuje patogen**, co uniemożliwia naturalny przebieg choroby, wraz z wykształceniem się typowych dla niej objawów chorobowych.

Głównym celem szczepionki jest **ochrona przed ciężkim przebiegiem choroby** i **powikłaniami**, których nie da się przewidzieć.

SZCZEPIONKA – ZAPAMIĘTAJ!



W wyniku podania szczepionki dochodzi do powstania:

- **przeciwciał** skierowanych przeciwko antygenowi obecnemu w szczepionce,
- **komórek pamięci.**

ODPORNOŚĆ BIERNA

NATURALNA

powstaje w wyniku przekazania przeciwciał matki przez **łożysko** lub wraz z jej **mlekiem**



SZTUCZNA

powstaje w wyniku podania **surowicy** z gotowymi przeciwciałami



SUROWICA



Surowica zawiera **gotowe przeciwciała** skierowane przeciwko konkretnym antygenom, które najczęściej stanowią toksyny wytwarzane przez niektóre bakterie lub obecne w jadzie węży i żmij.

Do przykładowych surowic należą:

- **surowica jadu żmiji** - neutralizuje antygeny obecne w jadzie żmiji,
- **surowica przeciwtężcowa** - neutralizuje antygeny obecne w toksynie tężcowej,
- **surowica przeciw wściekliźnie** - neutralizuje antygeny wirusa wścieklizny.

SUROWICA



Działanie surowicy jest **szybkie**, dlatego jej podanie jest wskazane **po ekspozycji na dany patogen**, który jest dzięki gotowym przeciwciałom zwalczany **zanim dojdzie do rozwoju choroby**.

Podanie tylko szczepionki przeciwko tężcowi osobie, która zraniła się podczas pracy w ogródku i ma ranę zabrudzą ziemią spowoduje, że zanim dojdzie do rozwoju odporności i powstania przeciwciał, **toksyna tężcowa zdąży wywołać objawy tężca**, które mogą doprowadzić do śmierci.



BIAŁKA OSTREJ FAZY, CYTOKINY

BIAŁKA OSTREJ FAZY



Białka ostrej fazy to **grupa białek surowicy krwi** syntetyzowanych przez **wątrobę**, których stężenie we krwi zmienia się w wyniku odpowiedzi na **proces zapalny**.

W związku z tym białka ostrej fazy dzieli się na:

- **pozytywne** - ich synteza podczas stanu zapalnego **wzrasta**,
- **negatywne** - ich synteza podczas stanu zapalnego **maleje**.

BIAŁKA OSTREJ FAZY - BIAŁKO CRP

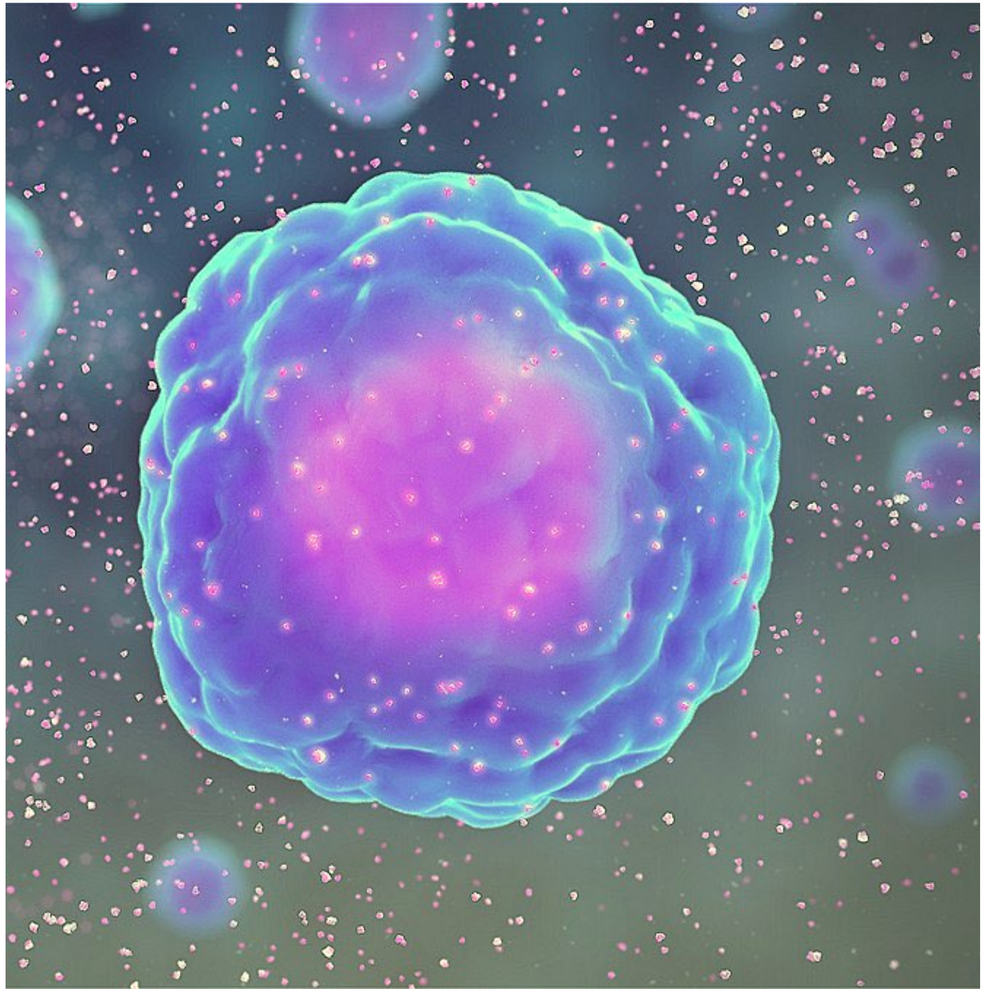


CYTOKINY

Cytokiny to białka wpływające na **wzrost, proliferację i pobudzenie komórek biorących udział w odpowiedzi immunologicznej**. Cytokiny mogą wybiórczo pobudzać odpowiedź komórkową lub/i humoralną.

Cytokiny wpływają nie tylko na leukocyty, ale także na inne komórki organizmu, stymulując powstawanie gorączki i działając cytotoksycznie.

Interferony uczestniczą w obronie przed wirusami, a chemokiny wysyłają leukocyty do miejsca infekcji.





ZGODNOŚĆ TKANKOWA W TRANSPLANTOLOGII

HLA



MHC to grupa białek, które tworzą **główny układ zgodności tkankowej**. Cząsteczki MHC występują **w błonie komórkowej wszystkich komórek organizmu**. Dzięki cząsteczkom MHC komórki układu odpornościowego są w stanie odróżnić komórki **własne** od komórek **obcych**.

U ludzi główny układ zgodności tkankowej MHC nazywany jest **HLA**. Jest on dla każdego człowieka **unikalny**.

HLA



Oznaczenia układu HLA wykonuje się przede wszystkim w **transplantologii**, w celu znalezienia odpowiedniego dawcy narządów.

Cząsteczki HLA charakteryzują się **szczególnie wysoką immunogennością**, czyli zdolnością do wywoływania swoistej odpowiedzi immunologicznej, dlatego też komórki, w których występują **obce HLA**, są natychmiast rozpoznawane i **niszczone przez limfocyty Tc (cytotoksyczne)**. W konsekwencji niezgodność antygenów HLA między dawcą a biorcą skutkuje **odrzuceniem przeszczepu**.

HLA



bliźniak jednojajowy jest idealnym dawcą



brat lub siostra jest lepszym dawcą niż rodzic

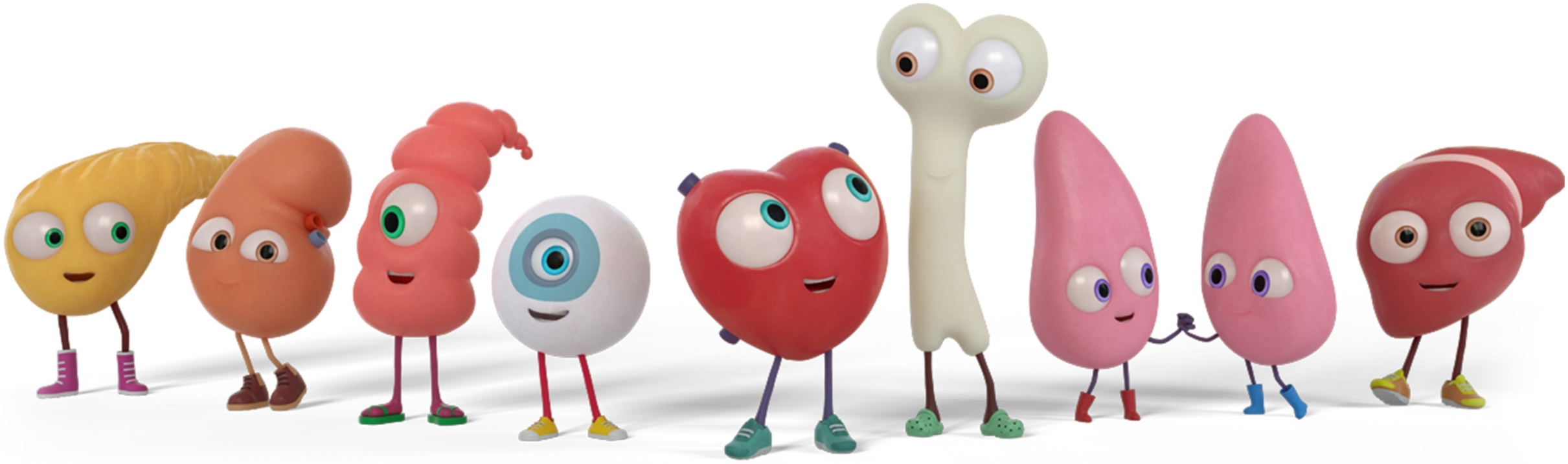
HLA



Wymogiem koniecznym dla przeprowadzenia skutecznej i bezpiecznej transplantacji jest:

- **dobranie dawcy, którego antygeny układu HLA będą jak najbardziej zbliżone do antygenów układu HLA biorcy**,
- przyjmowanie przez biorcę **leków immunosupresyjnych**, które obniżają odpowiedź immunologiczną, przez co zmniejszają ryzyko odrzucenia przeszczepu, jednak niestety niosą za sobą skutki uboczne - biorca jest **bardziej podatny na infekcje**.

NAJCZĘŚCIEJ PRZESZCZEPIANE NARZĄDY



trzustka

nerki

jelito cienkie

rogówka

serce

szpik kostny

płuca

wątroba



ZABURZENIA W FUNKCJONOWANIU UKŁADU ODPORNOŚCIOWEGO

OSŁABIONA ODPOWIEDŹ IMMUNOLOGICZNA



O osłabionej odpowiedzi immunologicznej mówimy wtedy, kiedy **układ odpornościowy odpowiada na obce antygeny niedostatecznie** lub **nie odpowiada w ogóle**. Upośledzenie odporności może prowadzić do **częstych** i **nawracających infekcji** oraz **zwiększenia podatności na niektóre nowotwory**.

Niedobory odporności mogą być:

- **wrodzone** - powstają na skutek wad genetycznych,
- **nabyte** - powstają w wyniku zażywania leków immunosupresyjnych, przewlekłego stresu lub infekcji HIV, która prowadzi do AIDS.

NADMIERNA ODPOWIEDŹ IMMUNOLOGICZNA



Nadmierna odpowiedź immunologiczna występuje w przypadku:

- **alergii**,
- **chorób autoimmunologicznych** (z autoagresji).

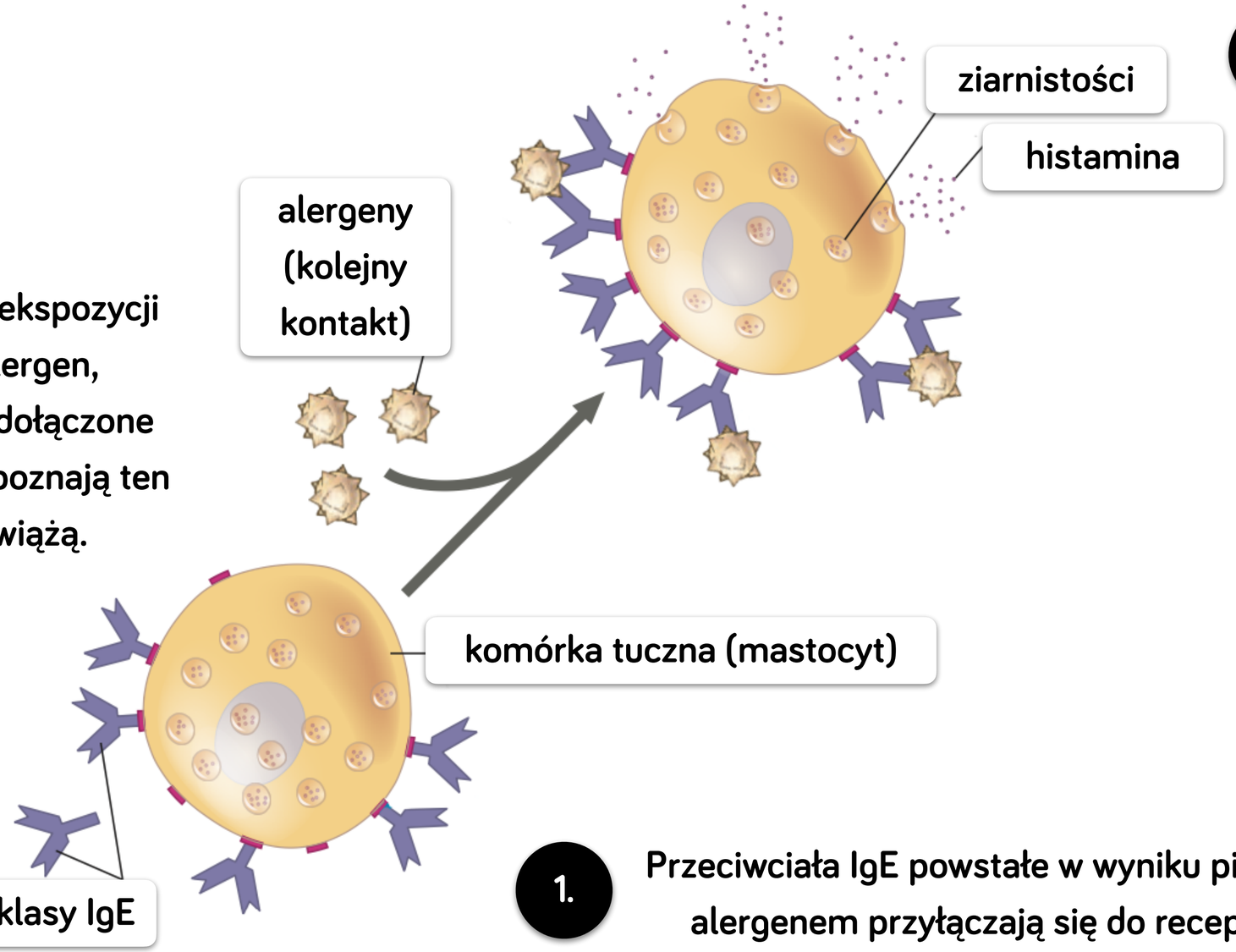
ALERGIA



Alergia polega na **nadmiernej, nieprawidłowej reakcji układu odpornościowego** na występujące w środowisku, obce dla organizmu cząsteczki, określane jako **alergeny**, które w normalnych warunkach **powinien on ignorować**.

U osób zdrowych substancje te nie powodują rozwinięcia **reakcji alergicznej,** natomiast u osób uczulonych w wyniku reakcji alergicznej dochodzi do powstawania **przeciwciał klasy IgE**, uwolnienia **histaminy** i innych substancji zapalanych, co wywołuje typowe objawy alergii: **kichanie**, **katar**, **łzawienie**.

MECHANIZM REAKCJI ALERGICZNEJ



1. Przeciwciała IgE powstałe w wyniku pierwszego kontaktu z alergenem przyłączają się do receptorów mastocyta.

2. Podczas kolejnej ekspozycji na ten sam alergen, przeciwciała IgE dołączone do mastocyta rozpoznają ten alergen i go wiążą.

3. Przyłączenie alergenu do IgE wyzwala uwolnienie histaminy z mastocyta.

CHOROBY AUTOIMMUNOLOGICZNE



U niektórych ludzi układ odpornościowy organizmu **niszczy własne komórki i tkanki**, np. poprzez produkcję przeciwciał skierowanych przeciwko własnym antygenom.

Do chorób autoimmunologicznych należą:

- **cukrzyca typu I** - niszczone są komórki **trzustki** produkujące insulinę
- **choroba Hashimoto** - atakowane są komórki **tarczycy**, co doprowadza do jej niedoczynności
- **stwardnienie rozsiane** - uszkadzane są osłonki mielinowe **neuronów**
- **łuszczyca** - objawy dotyczą skóry i stawów.

CHOROBY AUTOIMMUNOLOGICZNE



łuszczyca



cukrzyca typu I



SYTUACJE WYMAGAJĄCE IMMUNOSUPRESJI



Sytuacje, które wymagają immunosupresji, czyli podawania leków immunosupresyjnych, które obniżają aktywność układu odpornościowego to:

- **przeszczepy narządów** - antygeny HLA dawcy są rozpoznawane w organizmie biorcy przez komórki układu odpornościowego jako obce i jest przeciwko nim zapoczątkowywana reakcja odpornościowa, która może skutkować odrzuceniem przeszczepu. Aby zmniejszyć ryzyko odrzucenia przeszczepu, immunosupresja jest zasadna, gdyż komórki układu odpornościowego biorcy będą w większym stopniu tolerowały obce antygeny dawcy.



- **alergie** - mniej reaktywny układ odpornościowy będzie w mniejszym stopniu reagował na alergeny, co zmniejszy nasilenie reakcji alergicznej i objawy towarzyszące alergii;

- **choroby autoimmunologiczne** - leki immunosupresyjne wydają się być skuteczną metodą leczenia, ponieważ choroby te są wywołane atakowaniem przez układ odpornościowy własnych komórek.