

# INFEKCJA

Infekcja to gra kooperacyjna (dla 1 – 6 graczy), w której wspólnym celem wszystkich graczy jest zwalczenie infekcji koronawirusa (COVID-19) w ciągu trzech tygodni trwania odpowiedzi układu odpornościowego.

W opisie gry zapisano (kolorem zielonym) informacje dotyczące funkcjonowania układu odpornościowego, w tym przebiegu odpowiedzi immunologicznej oraz funkcji poszczególnych leukocytów. Wiedza ta może okazać się przydatna do obrania odpowiedniej strategii rozgrywki – przeprowadzenia skoordynowanej odpowiedzi przeciwwirusowej układu odpornościowego wcielając się w role poszczególnych leukocytów.

## Elementy gry

- plansza – na planszy znajdują się trzy typy pól – pola krwi (czerwone), komórki ciała (niebieskie) oraz węzły chłonne (zielone), natomiast na górze planszy znajdują się pola osi czasu – kolejne dni infekcji, które wyznaczają kolejne rundy gry
- 6 żetonów leukocytów
- 50 żetonów wirusów
- 6 kart leukocytów
- 6 kart zdarzeń
- 2 znaczniki aktywacji (niebieskie z symbolem serca)
- 1 znacznik czasu (zielony z symbolem zegara)

## Przygotowanie gry

Po wydrukowaniu wszystkich stron gry lub ich wydrukowaniu i pokolorowaniu (w zależności od wybranego wariantu) należy połączyć dwie części planszy gry, wyciąć żetony, karty oraz znaczniki.

Obok planszy należy umieścić żetony wirusów („pula wirusów”) oraz potasowane karty zdarzeń (czystą stroną do góry), natomiast znacznik czasu należy ustawić na planszy na polu 1. dnia infekcji.

Gracze wybierają lub losują jeden lub więcej leukocytów, którymi będą rozgrywali grę. W przypadku kiedy gra rozgrywana jest przez mniejszą liczbę graczy niż maksymalna, leukocyty należy podzielić pomiędzy graczy tak, aby wszystkie leukocyty uczestniczyły w rozgrywce. *Skuteczna odpowiedź przeciwwirusowa układu odpornościowego wymaga udziału wszystkich rodzajów leukocytów, zarówno komórek należących do odporności swoistej (limfocytów T pomocniczych, limfocytów T cytotoksycznych i limfocytów B), jak i nieswoistej (granulocytów, monocytów i komórek NK).*

Gracze otrzymują odpowiednie karty leukocytów, które umieszczają przed sobą. Gracz, który rozgrywać będzie grę limfocytym T pomocniczym otrzymuje dodatkowo 2 znaczniki aktywacji.

## Leukocyty i ich funkcje

Komórki poruszają się wyłącznie w obrębie krwi oraz węzłów chłonnych. Na jednym polu krwi lub węzła chłonnego nie mogą przebywać jednocześnie więcej niż dwa leukocyty. Kolejność wykonywania akcji przez komórki musi być stała w każdej rundzie. Jako pierwszy swoje akcje wykonuje w każdej rundzie limfocyt T pomocniczy.

W każdej rundzie każdy leukocyt może wykonać dwie dowolne akcje spośród zapisanych na karcie leukocyta. Obydwie akcje mogą dotyczyć tego samego działania tzn. np. komórka NK może wykonać jeden ruch (pierwsza akcja), a następnie zniszczyć wirusa w dwóch komórkach (druga akcja), ale również może wykonać jeden ruch (pierwsza akcja), a następnie drugi ruch (druga akcja), jak również w jednej i drugiej akcji zniszczyć wirusy każdorazowo w dwóch komórkach, o ile jest to możliwe bez zmiany położenia komórki. Nie ma obowiązku wykonywać wszystkich akcji przysługujących danej komórce w każdej rundzie, natomiast nie ma możliwości przenoszenia niewykorzystanych akcji na kolejne rundy lub przekazywania ich innym komórkom. Leukocyty mogą przemieszczać się o jedno pole w każdej pojedynczej akcji.

Dostępne akcje różnią się w przypadku limfocytów (należących do odporności swoistej) w zależności od tego, czy komórka została czy nie została jeszcze aktywowana antygenem wirusa. Aktywacja antygenem wirusa następuje w procesie prezentacji antygeny. Komórki prezentujące antygen to granulocyty i monocyty. Prezentacja antygeny odbywa się w obrębie węzłów chłonnych (obydwie komórki uczestniczące w tym procesie – granulocyt lub monocyt oraz limfocyt muszą być w węźle chłonnym w tym samym czasie).

*Antygeny to w uproszczeniu ciała obce, co w przypadku wirusów oznacza fragmenty cząsteczki wirusa. Limfocyty jako komórki należące do odporności swoistej do aktywacji wymagają rozpoznania antygeny, które odbywa się w procesie zwanym prezentacją antygeny. Prezentacja antygenów ma często miejsce w węzłach chłonnych. Komórkami prezentującymi antygen w warunkach naturalnych mogą być granulocyty, monocyty, jak również limfocyty B. Po rozpoznaniu antygeny limfocyt, który był w stanie rozpoznać antygen (w rzeczywistości każdy limfocyt jest w stanie rozpoznać inny antygen) zostaje zaktywowany, co umożliwia mu intensywne niszczenie antygeny (wirusa) lub jego neutralizację. Aktywowane limfocyty ulegają także proliferacji (tworząc kłony identycznych limfocytów, które skierowane są przeciwko temu konkretnemu antygenowi, który rozpoznały). Gra nie uwzględnia proliferacji, jak również w niektórych przypadkach dodatkowo przypisuje limfocytom zdolność niszczenia lub neutralizacji wirusa przed etapem aktywacji. Pamiętajmy jednak, że w warunkach naturalnych limfocyty aby walczyć z drobnoustrojami, najpierw muszą je rozpoznać w procesie prezentacji antygeny. Chyba, że jest to tzw. limfocyt pamięci, który rozpoznał antygen w wyniku wcześniejszej infekcji lub pod wpływem szczepionki. Limfocyty pamięci są podstawą uodpornienia się na dany wirus lub bakterię – umożliwiają szybkie rozpoczęcie swoistej odpowiedzi odpornościowej, bez konieczności „czekania” na prezentację antygeny. Przy pierwszym kontakcie z danym drobnoustrojem właśnie przez konieczność prezentacji antygeny i aktywacji limfocytów infekcja trwa na tyle długo, że dochodzi do pojawienia się objawów choroby.*

Niszczenie wirusów przez wszystkie leukocyty może odbywać się wyłącznie wtedy, kiedy leukocyt znajduje się na polu krwi – nie ma możliwości niszczenia wirusów będąc w węźle chłonnym.

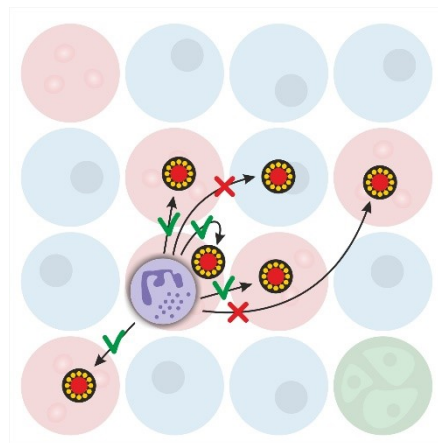
Granulocyt i monocyt mogą zjadać wirusy obecne wyłącznie we krwi – na dwóch polach krwi, które przylegają do pola, na którym się one znajdują. Pole, na którym znajduje się granulocyt czy monocyt należy traktować tak samo, jakby było to pole przylegające. Dodatkowo, po aktywacji antygenem limfocytu B, monocyt może zjadać wirusy ze wszystkich pól krwi, które przylegają do pola, na którym się on znajduje. Granulocyt w niniejszej grze nie posiada takiej możliwości.

Po zjedzeniu wirusa przez granulocyt lub monocyt żeton wirusa można odłożyć do puli wirusów lub umieścić na karcie komórki w polu „prezentacja antygeny”. Karty tych komórek posiadają po dwa takie pola, co oznacza, że po ich wypełnieniu pozostałe żetony wirusa po zjedzeniu trafiają z powrotem do puli wirusów. Nie ma obowiązku umieszczania żetonów wirusa na kartach komórek, ale ich brak na karcie uniemożliwia prezentację antygeny. Jak wspomniano wyżej, prezentacja antygeny limfocytom następuje w węźle chłonny, co oznacza, że zarówno komórka prezentująca antygen, jak i komórka aktywowana antygenem muszą w czasie prezentacji antygeny przebywać w tym samym węźle chłonny w jednym czasie. Po prezentacji antygeny przez monocyt lub granulocyt, żeton wirusa, który był prezentowany (umieszczony na karcie) należy przenieść na kartę limfocytu i umieścić w polu „aktywacja antygenem wirusa”. Żeton ten musi pozostać na karcie limfocytu do końca gry. W jednej akcji granulocyt lub monocyt mogą zaprezentować antygen tylko jednemu limfocytowi. Aby w jednej rundzie zaprezentować antygen dwóm limfocytom, komórka musi posiadać dwa żetony wirusów w obydwóch polach „prezentacja antygeny” i wykorzystać obydwie akcje na prezentację.

Granulocyty należą do tzw. komórek żernych, co oznacza, że zjadają wirusy w procesie fagocytozy. Komórki te mogą fagocytować tylko te wirusy, które znajdują się poza komórkami. Monocyty również są komórkami żernymi. Ich funkcje są zbliżone do funkcji granulocytów, przy czym zdolność tych komórek do fagocytozy jest znacząca – po przeniknięciu z krwi do tkanek zwane są makrofagami, co ma podkreślić ich zdolność do bardzo intensywnej fagocytozy. Po fagocytozie, cząsteczki wirusa mogą być prezentowane limfocytom jako antygeny. Kiedy dochodzi do aktywacji limfocytów B zaczynają one produkować znaczne ilości przeciwciał, które przyłączając się do cząsteczek wirusów ułatwiają granulocytom i monocytom rozpoznanie wirusa, co powoduje intensyfikację procesu fagocytozy, a tym samym przyspiesza eliminację wirusa z organizmu.

Limfocyt B może w każdej akcji neutralizować (niszczyć) wirusa w jednym (przed aktywacją antygenem wirusa) lub we wszystkich polach krwi (po aktywacji), które przylegają do pola krwi, na którym się znajduje. Zniszczeniu może ulec również wirus znajdujący się na polu, na którym znajduje się limfocyt B. Zniszczone wirusy wracają do puli wirusów.

*Limfocyty B produkują i wydzielają przeciwciała, które przyłączają się do cząsteczek wirusa. Opłaszczanie wirusa przeciwciałami neutralizuje go, uniemożliwiając infekcję komórki. Dodatkowo proces ten znacząco ułatwia rozpoznanie i fagocytozę wirusa przez komórki żerne.*



Dozwolone i niedozwolone akcje niszczenia wirusa przez granulocyty, monocyty, jak również limfocyty B. Należy uwzględnić rodzaj leukocytu oraz jego stan, który zależy od aktywacji antygenem wirusa.

Komórka NK może w każdej akcji niszczyć wirusa w dwóch komórkach ciała, do których przylega pole krwi, na którym się znajduje. Zniszczone wirusy wracają do puli wirusów.

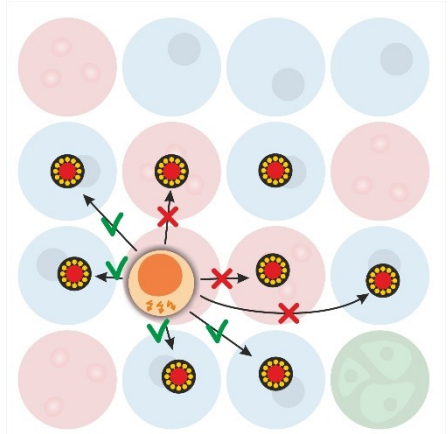
Limfocyt T cytotoksyczny może w każdej akcji niszczyć wirusa bądź w jednej (przed aktywacją antygenem wirusa), bądź we wszystkich komórkach ciała (po aktywacji), do których przylega pole krwi, na którym się znajduje. Zniszczone wirusy wracają do puli wirusów.

Limfocyt T pomocniczy może w każdej akcji niszczyć wirusa bądź w jednej (przed aktywacją antygenem wirusa), bądź w dwóch komórkach ciała (po aktywacji), do których przylega pole krwi, na którym się znajduje. Zniszczone wirusy wracają do puli wirusów. Dodatkowo, limfocyt T pomocniczy może w jednej rundzie pobudzać jeden (przed aktywacją) lub dwa różne leukocyty (po aktywacji). Na karcie pobudzonej komórki, w polu „pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy” należy umieścić wówczas znacznik aktywacji.

Pobudzona przez limfocyt T pomocniczy komórka uzyskuje możliwość wykonania dodatkowej akcji w danej rundzie. Limfocyt T pomocniczy może aktywować również siebie i wówczas również uzyskuje dodatkową akcję. Limfocyt T pomocniczy może wykonać akcję pobudzenia komórek tylko jeden raz w danej rundzie. Po zakończeniu rundy znaczniki akcji należy zabrać z kart pobudzonych komórek, chyba że w kolejnej rundzie te same komórki mają ulec pobudzeniu.

*Komórki NK to naturalni zabójcy (Natural Killer). Ich nazwa bierze się stąd, że są w stanie zniszczyć komórkę zakażoną wirusem (wraz z wirusami) bez konieczności wcześniejszego rozpoznania antygeny. Limfocyty T cytotoksyczne posiadają taką samą funkcję jak komórki NK, ale do zabijania komórek zakażonych wirusem wymagają wcześniejszego rozpoznania antygeny, aby móc skutecznie identyfikować tylko te komórki, które zostały zainfekowane. Również limfocyty T pomocnicze mogą niszczyć komórki zarażone wirusami, jednak ich główną funkcją jest pobudzanie innych komórek układu odpornościowego – zarówno innych limfocytów, jak i komórek żernych. W wyniku aktywacji komórki odpornościowe nasilają swoje funkcje. Limfocyty T pomocnicze dowodzą odpowiedzi układu odpornościowego. Bez limfocytów T pomocniczych zwalczenie rozwiniętej infekcji jest niezwykle trudne lub wręcz niemożliwe. Dla uproszczenia zasad gry, w wyniku ataku komórki NK i limfocytów T ginie wyłącznie wirus, a komórka pozostaje nietknięta, natomiast w warunkach naturalnych nie ma możliwości zniszczenia wirusów w komórce unikając jej śmierci.*

Jeżeli wirus znajduje się w węźle chłonnym (por. część Karty zdarzeń), mogą go zniszczyć tylko limfocyty T cytotoksyczne, limfocyty T pomocnicze oraz komórki NK. Niszczenie wirusa odbywa się na tych samych zasadach jak niszczenie go w innych komórkach ciała. W/w komórki muszą znajdować się we krwi, a wirus, który ma ulec zniszczeniu, musi znajdować się w polu przylegającym do pola krwi, na którym znajduje się leukocyt.

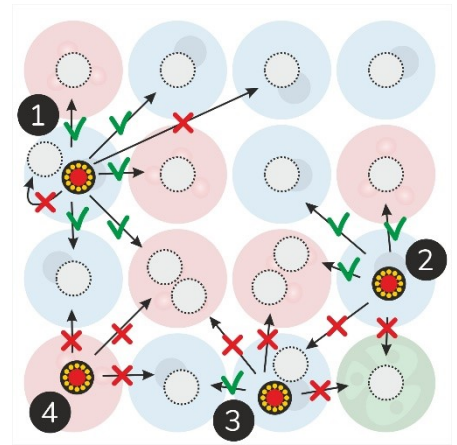


Dozwolone i niedozwolone akcje niszczenia wirusa przez limfocyty T cytotoksyczne, komórki NK i limfocyty T pomocnicze. Należy uwzględnić maksymalną liczbę zniszczonych wirusów, która wynika z rodzaju komórki oraz jej stanu – czy jest przed, czy po aktywacji antygenem.



## Wirus i jego namnażanie

Miejsce pierwotnej infekcji wirusa należy określić losowo, rzucając z zamkniętymi oczami żetonem wirusa na planszę gry. W przypadku kiedy wirus po rzucie znajdzie się w komórce ciała (niebieskie pola), można rozpocząć grę. W przypadku kiedy wirus znajdzie się na polu krwi, należy umieścić go w sąsiadującej od góry komórce (jeśli nie jest to możliwe, to na innej sąsiadującej zgodnie z ruchem wskazówek zegara). W przypadku kiedy wirus znajdzie się w węźle chłonnym, należy powtórzyć rzut. Od razu po infekcji należy przeprowadzić procedurę namnażania wirusa (jeszcze przed wykonaniem akcji leukocytami).



Dozwolone i niedozwolone kierunki namnażania się wirusa. Numerami oznaczono kolejność w jakiej poszczególne wirusy infekują pola. Tylko wirusy będące w komórkach mogą infekować i tylko sąsiednie pola. Na jednym polu może znaleźć się tylko jeden wirus, nawet jeśli teoretycznie dane pole mogłoby być zainfekowane przez dwa wirusy.

Namnażanie wirusa po początkowej infekcji i w kolejnych rundach odbywa się poprzez umieszczenie wirusów we wszystkich polach (krwi i komórek ciała) przylegających do komórek ciała, które w danej rundzie zostały lub pozostały zainfekowane, przy czym na jednym polu nie umieszcza się więcej niż jednego wirusa. Wirus namnaża się na sąsiednie pola wyłącznie z komórek ciała - wirus nie mnoży się na sąsiednie pola z pól krwi. O ile karta zdarzenia nie mówi inaczej, wirusy nie mogą infekować węzłów chłonnych.

*Wirusy nie mają możliwości namnażania się poza komórkami. Infekując komórkę wykorzystują ją do namnażania. Wirusy rozpoznają konkretne typy komórek, które posiadają specyficzne dla wirusa cząsteczki, do których może się on przyłączyć. Zawarty w wirusach materiał genetyczny stanowi instrukcję do wytworzenia nowych cząsteczek wirusa, których rosnąca liczba doprowadza w końcu do zniszczenia komórki. Uwolnione wirusy infekują kolejne komórki. W niniejszej grze przebieg infekcji został ograniczony, poprzez uniemożliwienie infekowania komórek wirusom, które znajdują się we krwi, pozostawiając taką możliwość tylko wirusom, które w chwili rozpoczęcia kolejnej rundy znajdują się w obrębie komórek. Należy jednak pamiętać, że w warunkach naturalnych, wirusy najpierw namnażają się w komórce, doprowadzając do jej zniszczenia, po czym uwolnione do płynów ustrojowych, rozprzestrzeniają się infekując wiele kolejnych komórek. Ograniczyć to mogą wyłącznie limfocyty T, które niszczą komórki zainfekowane wirusem, jak i limfocyty B, które neutralizują wirusy uwolnione z komórek. Swoją niemałą rolę w eliminacji wirusa posiadają również komórki żerne, przy czym ich działanie staje się skuteczne dopiero po aktywacji antygenem wirusa limfocytów, kiedy wytworzone przeciwciała ułatwiają komórkom żernym fagocytozę.*

## Przebieg gry

Czas trwania gry wynosi maksymalnie 21 rund – 21 dni. Kolejne rundy należy oznaczać znacznikiem czasu poprzez jego umieszczanie na kolejnych polach dni infekcji (na górze planszy gry). Gra kończy się wygraną, jeśli wszystkie cząsteczki wirusa zostaną zniszczone w czasie nie dłuższym niż 21 dni (w obrębie 21 rund). Gra kończy się przegraną albo w przypadku kiedy w 21 dniu infekcji na planszy pozostaną wirusy, albo w przypadku, kiedy zabraknie żetonów w puli

wirusów i nie będzie możliwości ich umieszczenia we wszystkich polach, które powinny zostać objęte infekcją w chwili rozpoczęcia kolejnej rundy (żetonów nie można zabierać z pól „aktywacja antygenem wirusa” i „prezentacja antygeny” na kartach leukocytów, by wykorzystać je do infekcji)

### **Dzień 1 - runda 1**

1. Pierwsza infekcja wirusa – należy losowo umieścić jeden żeton wirusa w jednej z komórek ciała zgodnie z procedurą opisaną w części „Wirus i jego namnażanie”.
2. Rozmieszczenie leukocytów na planszy – należy umieścić leukocyty w takich miejscach, aby najmniejsza liczba ruchów (po najkrótszej drodze po polach krwi) dzieląca miejsce pierwotnej infekcji i leukocyty wynosiła minimum 4. Komórkę NK, granulocyt i monocyt należy umieścić na polach krwi zgodnie z powyższą zasadą. Limfocyt T pomocniczy, limfocyt T cytotoksyczny i limfocyt B należy umieścić w węzłach chłonnych również z zachowaniem powyższej zasady. Wszystkie limfocyty nie mogą przebywać w jednym węzle chłonnym w chwili rozpoczęcia gry (wyjątek stanowi przypadek, w którym nie można umieścić limfocytów w różnych węzłach z powodu zbyt małej liczby ruchów dzielących je od zainfekowanej komórki).
3. Pierwotne namnożenie wirusa – należy przeprowadzić procedurę namnożenia wirusa zgodnie z opisem zawartym w części „Wirus i jego namnażanie”.
4. Akcje leukocytów – jako pierwszy akcje wykonuje limfocyt T pomocniczy, a następnie kolejne leukocyty (należy ustalić kolejność, która powinna być stała w kolejnych rundach).

### **Dzień 2 i kolejne - runda 2 i kolejne**

1. Przesunięcie znacznika czasu na pole nr 2 osi czasu.
2. Namnożenie wirusa – należy umieścić nowe żetony wirusa na polach sąsiadujących z komórkami ciała, które pozostają w chwili rozpoczęcia rundy zainfekowane przez wirusa zgodnie z procedurą opisaną w części „Wirus i jego namnażanie”.
3. Akcje leukocytów.

W kolejnych rundach należy powtarzać procedury opisane powyżej, przy czym w rundzie 3, 6, 9, 12, 15 i 18 należy przed namnożeniem wirusa odkryć jedną kartę zdarzenia.

### **Karty zdarzeń**

Karty zdarzeń zmieniają warunki gry (najczęściej jedynie w danej rundzie). Spośród 6 kart zdarzeń, trzy są korzystne z punktu widzenia odpowiedzi immunologicznej, a trzy niekorzystne:

- Powtórna infekcja – należy przeprowadzić procedurę powtórnej infekcji na tej samej zasadzie jak ustalana była pozycja pierwotnej infekcji zgodnie z opisem w części „Wirus i jego namnażanie”. Po ustaleniu pozycji wirusa, należy natychmiast przeprowadzić procedurę jego namnożenia (na sąsiednie pola). Nowe cząsteczki wirusa nie znikają wraz z zakończeniem rundy i są traktowane tak jak pozostałe, które powstały w wyniku pierwotnej infekcji.
- Mutacja wirusa – jeżeli wirusy znajdują się w komórkach graniczących z węzłami chłonnymi, należy w procedurze namnażania umieścić je również na polach węzłów chłonnych. Wirusy, które zainfekowały węzły chłonne mogą namnażać się w kolejnych rundach tylko w obrębie węzłów chłonnych. Nie należy namnażać tych wirusów ani na pola innych komórek ciała, ani na pola krwi.

Mutacja wirusa oznacza zmianę jego materiału genetycznego. Taka zmiana może oznaczać, że nowa forma wirusa zyska możliwość np. infekowania innych komórek niż pierwotnie. W taki właśnie sposób doszło do transmisji koronawirusa ze zwierząt na ludzi – w wyniku mutacji cząsteczki wirusa zdobyły zdolność rozpoznawania ludzkich komórek, co dało im możliwość namnażania się w ich wnętrzach.

- Stres – limfocyty w danej rundzie mają możliwość wykonania tylko jednej podstawowej akcji. Jeżeli limfocyt T pomocniczy wykorzysta swoją jedyną akcję do pobudzenia innej bądź innych komórek, komórka ta zyskuje dodatkową – w tym przypadku drugą akcję. Ograniczenie to nie dotyczy granulocytów, monocytów i komórek NK.

Długotrwały stres powoduje obniżenie odporności. Obniżenie odporności dotyczy zarówno liczby, jak i funkcji komórek układu odpornościowego. Szczególnie wrażliwe na hamujący wpływ stresu są limfocyty.

- Interferon – w danej rundzie namnażanie wirusa zostaje ograniczone i nie odbywa się „po skosie”. Wirus znajdujący się w danej komórce może namnożyć się wyłącznie na pola znajdujące się powyżej, na prawo, na lewo oraz poniżej pola, na którym się znajduje.

Interferony to substancje wytwarzane zarówno przez leukocyty, jak i inne komórki ciała. Interferony wzmagają odporność, jak również uruchamiają w komórkach ciała mechanizmy obronne, które np. ograniczają możliwość infekcji czy namnażania się wirusa w ich wnętrzach.

- Poprawa nastroju – wszystkie komórki w danej rundzie mają możliwość wykonania dodatkowej – trzeciej akcji. W dalszym ciągu limfocyt T pomocniczy może w ramach jednej (tylko jednej) swojej akcji pobudzić określone komórki i wówczas komórki te zyskują możliwość wykonania jeszcze jednej – czwartej akcji.

Emocje mają ogromny wpływ na odporność. Negatywne emocje, m.in. przez stres, są w stanie doprowadzić do obniżenia odporności, z kolei pozytywne emocje mogą przyczynić się do poprawy funkcji układu odpornościowego. Zachowanie dobrego nastroju w czasie choroby jest ważnym czynnikiem wpływającym zarówno na przebieg choroby, jak i szybkość procesu zdrowienia. Warto zadbać by osoba, która choruje była otoczona opieką i wsparciem osób bliskich, tak by doszło do poprawy jej nastroju, co przełoży się na jej zdrowie. Znany wszystkim efekt placebo oparty jest właśnie na tym mechanizmie. Kiedy ktoś wierzy, że coś mu pomaga, dochodzi u niego do poprawy nastroju i redukcji stresu, co przyczynia się do poprawy funkcji układu odpornościowego, który jest w stanie dokonać cudów.

- Gorączka – w danej rundzie komórki mogą poruszać się szybciej, co oznacza, że w ramach jednej akcji, jeśli akcją tą będzie ruch, mogą przesunąć się o dwa pola. Dodatkowo w tej rundzie granulocyt zyskuje możliwość jednorazowej degranulacji, co oznacza, że jest w stanie zniszczyć wszystkie wirusy, znajdujące się na wszystkich polach, z którymi sąsiaduje, zarówno jeśli wirusy znajdują się we krwi, jak i w komórkach.

Granulocyty posiadają możliwość degranulacji, czyli wydzielenia na zewnątrz komórki substancji, które normalnie niszczą drobnoustroje wewnątrz granulocytu. Taka degranulacja powoduje masowe zniszczenie nie tylko drobnoustrojów, ale również komórek ciała. Nie zawsze jest to korzystna reakcja i między innymi z tego powodu czasem konieczne jest przyjmowanie leków przeciwzapalnych, które hamują m.in. proces degranulacji.

Aby wygrać grę, należy jak najszybciej rozpocząć niszczenie cząsteczek wirusa w komórkach i krwi, jak również jak najszybciej przeprowadzić proces prezentacji antygeny, aby doprowadzić do nasilenia funkcji limfocytów. Strategia ta będzie odzwierciedleniem przebiegu odpowiedzi odpornościowej w warunkach naturalnych. Poniżej znajduje się uproszczony opis odpowiedzi immunologicznej.

W chwili kiedy wirus zainfekuje komórki ciała, komórki te zaczynają produkować m.in. interferon, który nie tylko ogranicza możliwość namnażania się wirusa, ale również powoduje, że leukocyty zaczynają gromadzić się w miejscu infekcji. Pierwsze w miejscu infekcji zjawiają się komórki żerne, ponieważ stale przebywają w niemal wszystkich tkankach naszego organizmu. Pod wpływem cząsteczek wirusa lub interferonu zaczynają one wytwarzać reakcję zapalną, która skutkuje m.in. wzrostem temperatury, która przyspiesza reakcje odpornościowe leukocytów, które coraz liczniej gromadzą w miejscu zapalenia. Komórki NK zaczynają zabijać komórki zakażone wirusem (wraz z wirusami). Dochodzi również do uruchomienia procesu fagocytozy przez granulocyty i monocyty, który daje możliwość zaprezentowania antygenów wirusa limfocytom. Proces prezentacji antygeny często ma miejsce w węzłach chłonnych. Te limfocyty, które mają możliwość rozpoznania antygeny (Wszystkie limfocyty rozpoznają tylko specyficzne dla siebie antygeny, a nie każdy – tak jakby jedna osoba była czuła tylko na kolor czerwony i reagowała tylko na niego, a inna tylko na kolor niebieski i tylko na niego reagowała itd. – każda osoba jest bardzo ograniczona jeśli chodzi o możliwość rozpoznawania kolorów, ale wszystkie te osoby razem są w stanie rozpoznać wszystkie kolory). Aktywowane limfocyty zaczynają się mnożyć, w wyniku czego powstają ich klony, które wszystkie „dziedziczą” zdolność do rozpoznania tego samego antygeny. Limfocyty udają się na miejsce infekcji i rozpoczynają zmasowany atak. Limfocyty T cytotoksyczne niszczą komórki zakażone wirusem, limfocyty B produkują ogromne ilości przeciwciał, które neutralizują wirusa, a limfocyty T pomocnicze aktywują wszystkie komórki uczestniczące w odpowiedzi odpornościowej. Dzięki wsparciu limfocytów również granulocyty i monocyty zwiększają swoją rolę w odporności. Przeciwciała pozwalają im łatwo rozpoznawać wirusa (co słabo im wcześniej wychodzi), a tym samym intensywnie go fagocytować i niszczyć. W ten sposób infekcja zostaje powstrzymana, a ślad po niej pozostaje tylko w postaci limfocytów pamięci, które zyskują nieśmiertelność, by zachować odporność, czyli łatwość rozpoznania tego wirusa w przyszłości.

Aby zobaczyć jak w uproszczeniu przebiega odpowiedź układu przeciwwirusowa zachęcam do obejrzenia filmu na stronie <https://youtu.be/1MqSMRnTe0g>

Do boju!

---

Gra INFEKCJA chroniona jest prawem autorskim. Gra przeznaczona jest wyłącznie do użytku prywatnego, nie może być rozpowszechniana dalej i zmieniana bez zgody autora. Prawem autorskim chronione są wszystkie elementy gry.

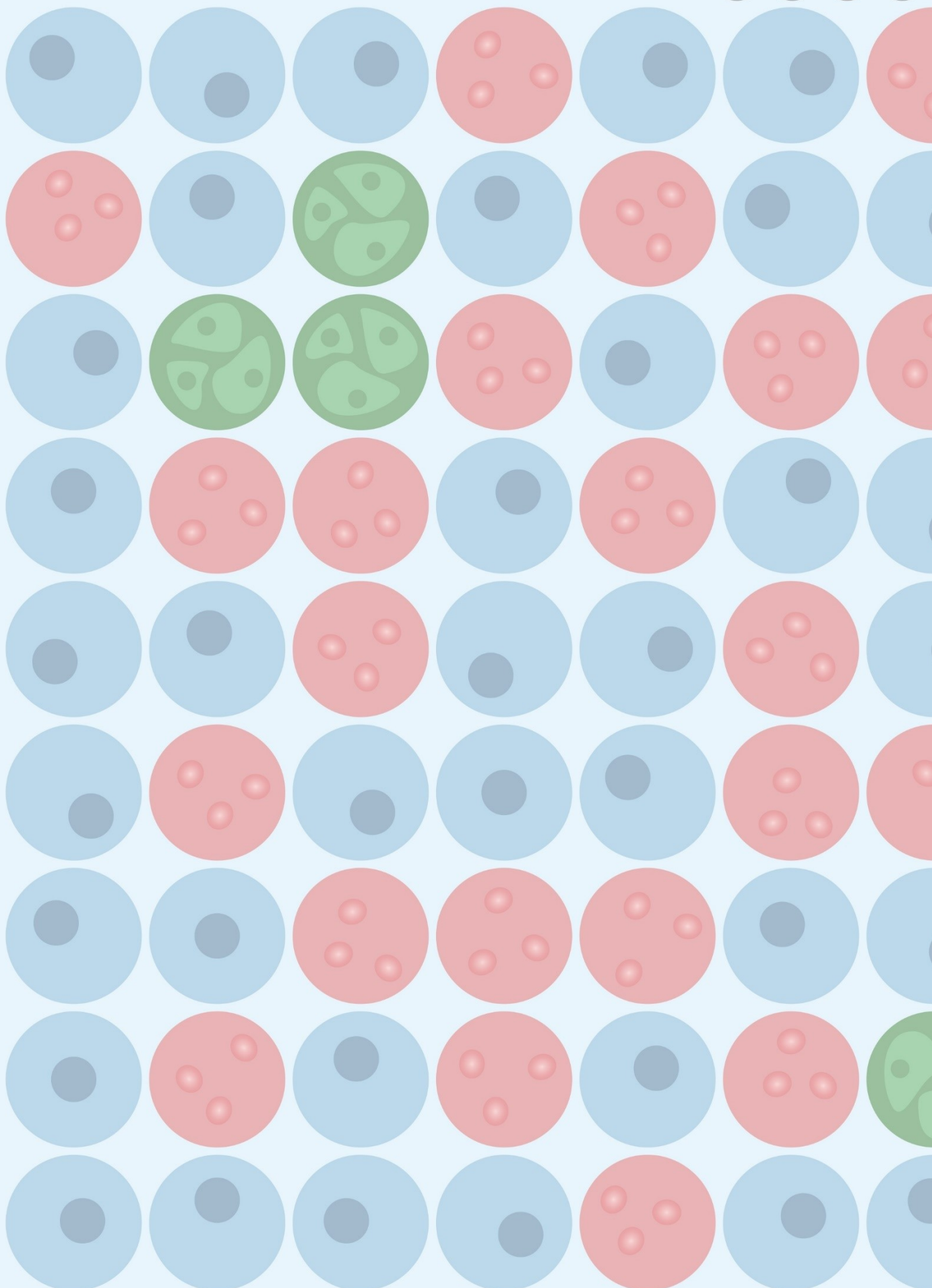
© 2020 Wojciech Glac

Kontakt z autorem: [wojciech.glac@ug.edu.pl](mailto:wojciech.glac@ug.edu.pl)

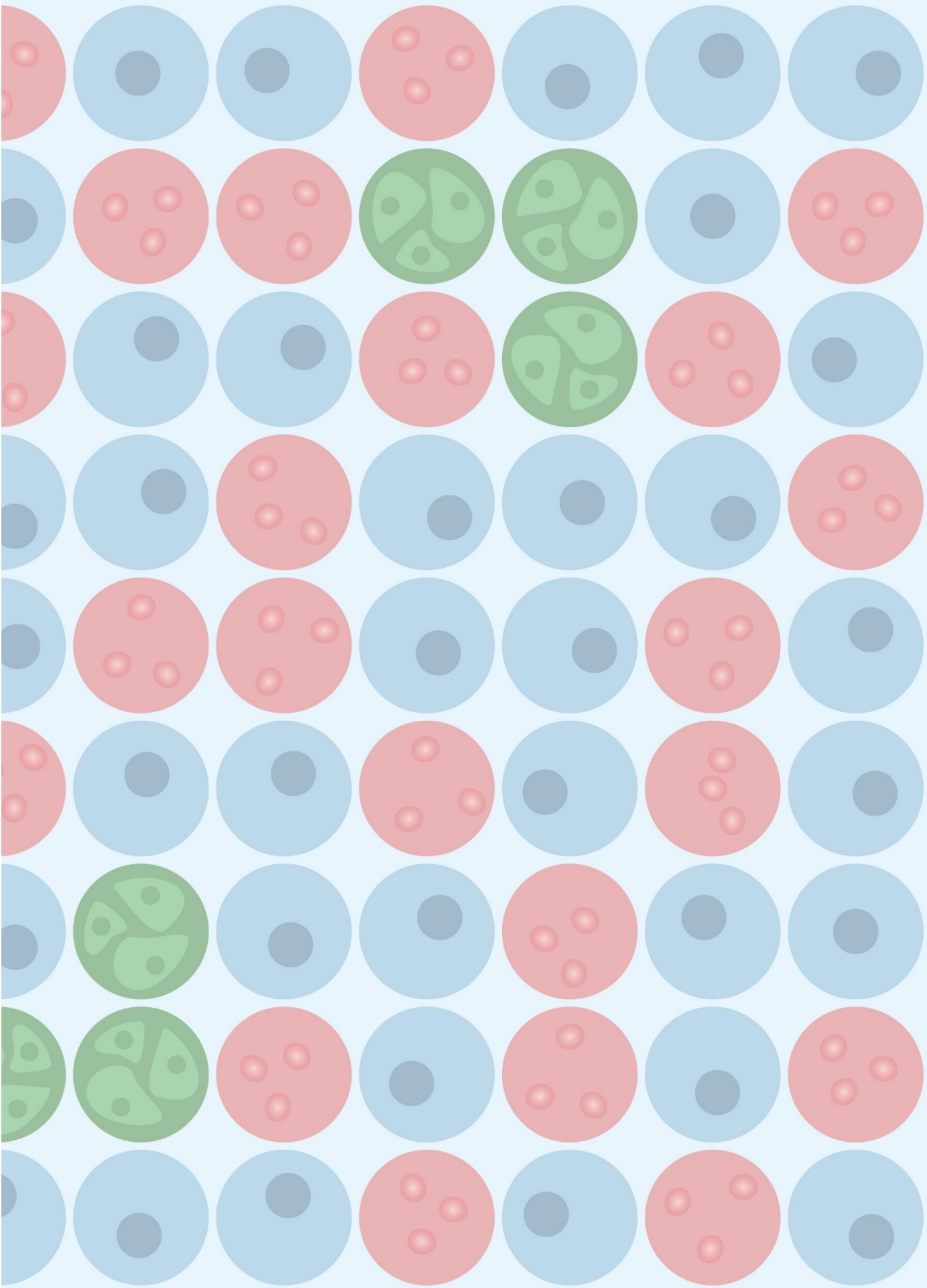


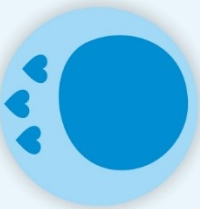
# I N F E K C J A

DZIEŃ 1 2 3 4 5



5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21





## limfocyt T pomocniczy

2 dowolne akcje:

przed aktywacją:	po aktywacji:
ruch	ruch
pobudzenie jednej dowolnej komórki	pobudzenie dwóch dowolnych komórek
zabicie wirusa w jednej komórce	zabicie wirusa w dwóch komórkach



aktywacja antygenem wirusa



pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy (→ dodatkowa akcja)



## limfocyt T cytotoksyczny

2 dowolne akcje:

przed aktywacją:	po aktywacji:
ruch	ruch
zabicie wirusa w jednej komórce	zabicie wirusa we wszystkich przylegających komórkach



aktywacja antygenem wirusa



pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy (→ dodatkowa akcja)



## limfocyt B

2 dowolne akcje:

przed aktywacją:	po aktywacji:
ruch	ruch
neutralizacja wirusa w jednym przylegającym polu krwi	neutralizacja wirusa we wszystkich przylegających polach krwi



aktywacja antygenem wirusa



pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy (→ dodatkowa akcja)



### komórka NK

2 dowolne akcje:

bez aktywacji:

ruch

zabicie wirusa w dwóch przylegających komórkach



pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy (→ dodatkowa akcja)



### granulocyt

2 dowolne akcje:

bez aktywacji:

ruch

zjedzenie wirusa w dwóch przylegających polach krwi  
prezentacja antygenowi limfocytowi



prezentacja antygenowi



pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy (→ dodatkowa akcja)



### monocyt

2 dowolne akcje:

bez aktywacji:

ruch

zjedzenie wirusa w dwóch przylegających polach krwi lub wszystkich (jeśli limfocyt B uległ już aktywacji)  
prezentacja antygenowi limfocytowi



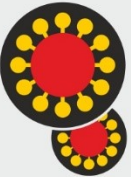





prezentacja antygenowi



pobudzenie przez limfocyt T pomocniczy (→ dodatkowa akcja)



 <p><b>MUTACJA WIRUSA</b></p> <p>Niestety wirus zmutował i jest teraz w stanie infekować również komórki węzłów chłonnych. Wirusy, które zainfekowały węzły namnażają się tylko w ich obrębie.</p>	 <p><b>STRES</b></p> <p>Długotrwały stres osłabił Twoją odporność. Limfocyty mają możliwość wykonania tylko jednej akcji.</p>
 <p><b>POWTÓRNA INFЕКCJA</b></p> <p>Niestety miałeś kontakt z osobą zarażoną i pojawiło się nowe ognisko infekcji. Nowy wirus natychmiast ulega namnożeniu.</p>	 <p><b>INTERFERON</b></p> <p>Komórki ciała wydzielają duże ilości interferonu, który ogranicza namnażanie wirusa. Wirus nie może rozprzestrzeniać się „po skosie”.</p>
 <p><b>GORĄCZKA</b></p> <p>Wzrosła temperatura ciała. Komórki odpornościowe mogą poruszać się szybciej i przesunąć o dwa pola. Granulocyt wysiewa substancje niszczące wirusa we wszystkich komórkach i obszarach krwi, do których przylega.</p>	 <p><b>POPRAWA NASTROJU</b></p> <p>Wsparcie osób bliskich wywołało pozytywne emocje, które spowodowały wzrost odporności. Komórki mogą wykonać dodatkowe akcje.</p>



