



## Stan zapalny – powstawanie, przebieg i znaczenie

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Stan zapalny – powstawanie, przebieg i znaczenie

Stan zapalny może być lokalną reakcją na infekcję lub uszkodzenie tkanki, a może też dotyczyć całego organizmu.

Źródło: Walden Edwards, licencja: CC BY 4.0.

Stan zapalny w organizmie człowieka to „alarm” sygnalizujący pojawienie się zagrożenia. Występuje wtedy, gdy układ odpornościowy próbuje ochronić narządy przed zakażeniem i uszkodzeniem. W prawidłowych warunkach stan zapalny ulega samoistnemu ograniczeniu za pośrednictwem odpowiednich komórek i cząsteczek sygnałowych, a jego następstwem jest wyleczenie. Niekiedy jednak stan zapalny nie zostaje w pełni wygaszony i przyjmuje postać przewlekłą, co może prowadzić do rozwoju rozmaitych schorzeń.

### Twoje cele

- Określisz przyczyny powstawania stanu zapalnego.
- Opisziesz etapy przebiegu reakcji zapalnej.
- Uzasadnisz wpływ procesów zapalnych na utrzymanie homeostazy organizmu.

# Przeczytaj

---

## Stan zapalny

**Stan zapalny** (zapalenie) zalicza się do mechanizmów **odporności wrodzonej**. Jest on pierwotną, nieswoistą reakcją organizmu na infekcję lub uszkodzenie. Rozwija się w organizmie natychmiast, gdy tylko komórki układu odpornościowego rozpoznają zagrożenie. Zachodzi przed uruchomieniem znacznie dłużej trwających mechanizmów odpowiedzi swoistej. Działa niezależnie od rodzaju czynnika chorobotwórczego.

### Przyczyny stanu zapalnego

#### Czynniki biologiczne

Mikroorganizmy chorobotwórcze (bakterie, grzyby, protisty) i wirusy. Cząsteczki alergizujące: pyłki roślin, cząsteczki pokarmu, sierść zwierząt itp.

#### Czynniki fizyczne

Wszelkie czynniki, które są przyczyną poparzeń, odmrożeń, zmiążdżeń i uszkodzeń tkanki.

#### Czynniki chemiczne

Mocne kwasy, zasady, związki utleniające.

#### Niedotlenienie i niedożywienie tkanki

Spowodowane niewystarczającym przepływem krwi przez tkanki, np. po zawale serca, udarze niedokrwiennym narządów.

#### Zaburzenia immunologiczne

Długotrwała ekspozycja układu odpornościowego na antygen przechodząca w przewlekły stan zapalny.

## Objawy stanu zapalnego



Stan zapalny skóry w alergicznej reakcji zapalnej. Do objawów reakcji zapalnej zalicza się zaczerwienienie i ocieplenie obszaru objętego zapaleniem, jego obrzęk i ból, a nawet utratę prawidłowej funkcji narządu.

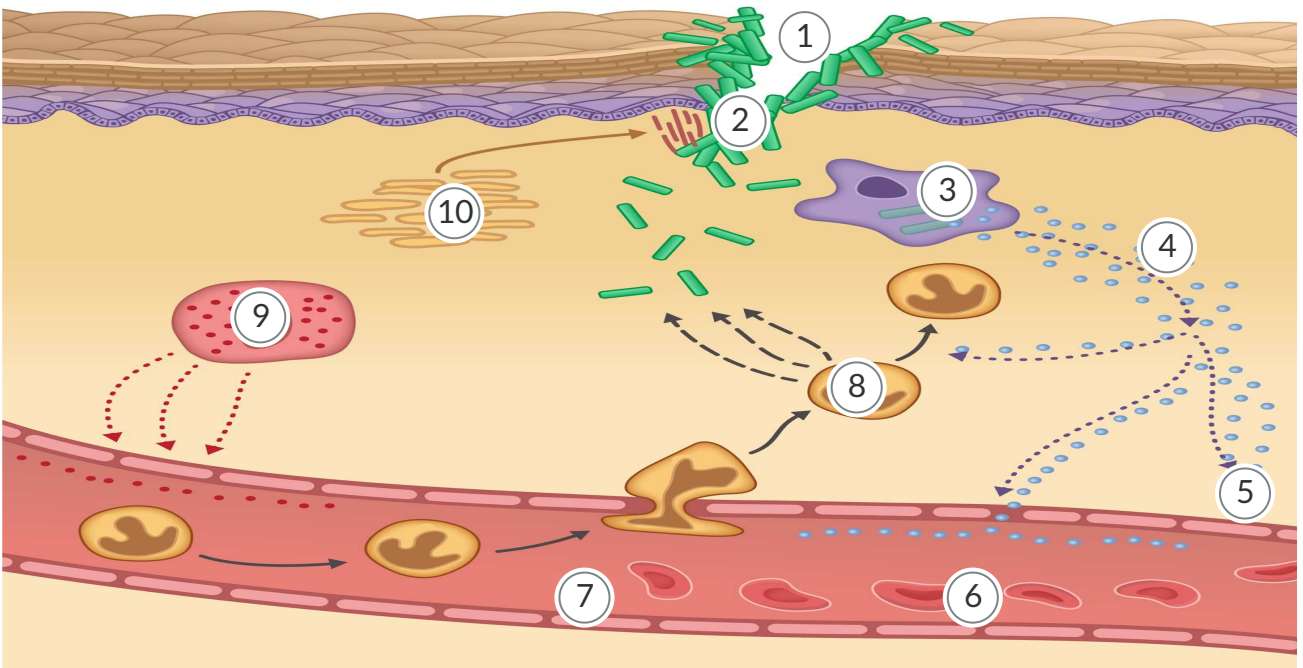
Źródło: Harrygouvas, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Wzrost temperatury, zwiększenie lokalnego przepływu krwi oraz szybki napływ komórek stanu zapalnego to jedne z najbardziej pierwotnych mechanizmów obronnych organizmu.

## Etapy rozwoju stanu zapalnego

### Zranienie lub zakażenie

Występujące w tkankach mających kontakt ze środowiskiem zewnętrznym leukocyty tkankowe, makrofagi i komórki tuczne produkują cząsteczki przekaźnikowe – **cytokiny**, które wraz z krwią roznoszą po całym organizmie sygnały alarmujące. W miejscu zranienia komórki tuczne (mastocyty) i napływające bazofile uwalniają **histaminę**, która działa na najbliższe naczynia krwionośne.



1

Rana

2

Patogeny, np. bakterie

3

Makrofag

4

Ścieżka sygnalizacyjna cytokin

5

Inicjacja naprawy tkanek

6

Erytrocyty

7

Naczynie krwionośne

8

Neutrofil

9

Komórka tuczna (mastocyt)

10

Płytki krwi

Schemat momentu zranienia.

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

Zwiększenie przepływu krwi i wzrost przepuszczalności naczyń włosowatych

Migracja fagocytów i fagocytoza

Zakończenie reakcji zapalnej

## Odpowiedź immunologiczna organizmu na patogeny

Początkowa obrona przed patogenami polega na aktywacji neutrofilii, makrofagów, **komórek tucznych** oraz **komórek NK**. Są to elementy wrodzonej odpowiedzi układu odpornościowego, które mogą usuwać patogeny, takie jak wirusy, bakterie, grzyby lub pasożyty. Elementy te następnie przekazują sygnały wzmacniające, które stymulują powstawanie odpowiedzi nabytej. Dzięki temu następuje aktywizacja limfocytów B, wytwarzających przeciwciała, które niszczą określone antygeny. Ponadto powstają plazmocyty (komórki pamięci), które reagują na określone antygeny po ponownym zetknięciu się z patogenem.

## Znaczenie stanu zapalnego

Ostry stan zapalny przypomina bitwę, po której komórki układu immunologicznego sprzątają „ciała najeźdźców”, czyli patogenów, takich jak bakterie, wirusy, grzyby lub pasożyty. W tkankach przeważają procesy naprawy i gojenia. W prawidłowych warunkach stan zapalny powinien prowadzić do spowolnienia rozprzestrzeniania się patogenów w organizmie, miejscowej i ogólnoustrojowej mobilizacji obrony immunologicznej, naprawy uszkodzonych tkanek oraz przywrócenia pełnej równowagi organizmu – [homeostazy](#).



Blizny obecne na skórze, oznaki zwłóknienia i gojenia się rany.

Źródło: Svdmolen, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Zdarza się jednak, że proces wygaszania stanu zapalnego przechodzi w formę przewlekłą, kiedy to układowi odpornościowemu nie udaje się zwalczyć czynnika uszkadzającego tkanki. Przewlekły stan zapalny charakteryzuje się jednocześnie przebiegającymi naprawą i uszkodzeniem tkanek. Organizm nie radzi sobie z czynnikiem chorobotwórczym i traktuje własne tkanki jako ciała obce. Prowadzi to do schorzeń autoimmunologicznych, czyli takich, w których organizm atakuje i niszczy własne tkanki. Przykładami takich chorób są reumatoidalne zapalenie stawów, łuszczyca, zapalenie tarczycy Hashimoto, stwardnienie rozsiane (SM) czy cukrzyca typu I (insulinozależna).

### Ważne!

Zastanów się, czy przebieg stanu zapalnego zawsze jest taki sam? Kiedy stan zapalny może stać się przyczyną rozwoju innych chorób?

## Ciekawostka

Charakterystyczne tzw. kardynalne objawy odpowiedzi zapalnej pojawiającej się w miejscu zakażenia jako pierwszy opisał rzymski uczyony Aulus Cornelius Celsus, który żył na początku naszej ery (ok. 30 p.n.e.–38 n.e.). Zawarł on w swojej encyklopedii *De Medicina* następujące zdanie: „*Notae vero inflammationis sunt quatuor: rubor et tumor cum calore et dolore*”, czyli „W istocie są cztery objawy zapalenia: zaczerwienienie, opuchlizna z ociepleniem (ciała) i bólem”. Żyjący trzy wieki później Galen (właściwie Claudius Galenus; ok. 130–200 n.e.), rzymski lekarz, dodał jeszcze jedną oznakę zapalenia – *functio laesa*, czyli upośledzenie funkcji.

## Słownik

### **autoimmunizacja, autoagresja, autoalergia**

reaktywność układu immunologicznego skierowana przeciw antygenom własnych tkanek, prowadząca do uszkodzenia i zaburzenia funkcji narządów; wynika z reakcji komórkowych z udziałem limfocytów T oraz reakcji przeciwciał na własne antygeny

### **bazofile**

rodzaj leukocytów występujących u kręgowców; wykazują zdolność endocytozy; zawierają heparynę przeciwdziałającą krzepnięciu krwi, a także serotoninę, histaminę i inne związki, które powodują rozszerzanie naczyń i zwiększanie ich średnicy

### **białka ostrej fazy**

grupa białek surowicy krwi syntetyzowanych przez wątrobę, które biorą udział w reakcji odpornościowej organizmu; ich stężenie we krwi gwałtownie rośnie w wyniku odpowiedzi na proces zapalny

### **białka układu dopełniacza**

zespół około 30 białek obecnych w osoczu i płynach ustrojowych; biorą udział we wrodzonych, humoralnych mechanizmach nieswoistej odpowiedzi odpornościowej i wiążą się z niektórymi mechanizmami odpowiedzi swoistej; ich działanie polega na aktywacji kaskady szeregu reakcji enzymatycznych prowadzących do odpowiedzi immunologicznej i reakcji zapalnej; nadmierne pobudzenie lub defekty białek mogą być przyczyną powstawania schorzeń

### **chemokiny**

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

### **choroby autoimmunizacyjne, choroby autoimmunologiczne**

grupa chorób, w których układ immunologiczny (odpornościowy) organizmu niszczy własne komórki i tkanki

### **cytokiny**

białka uczestniczące w regulacji wzrostu, namnażania i aktywacji komórek układu immunologicznego

### **gorączka**

podwyższenie temperatury ciała powyżej normy fizjologicznej (36,6–37°C), spowodowane podrażnieniem ośrodka termoregulacji cieplnej w mózgu (podwzgórze); działanie gorączkotwórcze (pirogenne) wywierają różne związki toksyczne (toksyny bakteryjne i wirusowe, produkty rozpadu tkanek po ich urazach, oparzeniach, wylewach krwi) poprzez pobudzanie wydzielania substancji z grupy cytokin (głównie interleukiny-1)

### **histamina**

substancja zwiększającą przepuszczalność naczyń krwionośnych, co prowadzi do zaczerwienienia i obrzęku uszkodzonej tkanki, czyli stanu zapalnego

### **homeostaza**

zdolność organizmu do utrzymywania względnie stabilnej równowagi w procesach życiowych; utrzymywanie stałej temperatury ciała, równowagi jonowej w płynach ciała, stałej ilości płynów ustrojowych, utrzymywanie rytmów biologicznych poprzez odpowiednią koordynację i regulację metabolizmu

### **komórki NK**

ang. *natural killer*, rodzaj limfocytów charakteryzujących się obecnością w cytoplazmie licznych ziarnistości; stanowią ok. 10% wszystkich limfocytów krwi obwodowej; mają zdolność do tzw. naturalnej cytotoksyczności komórkowej, tj. do spontanicznego zabijania komórek docelowych bez konieczności uprzedniej immunizacji gospodarza; komórkami docelowymi komórek NK są głównie komórki zakażone wirusem i komórki nowotworowe, stąd przypisuje się im istotną rolę w zwalczaniu zakażeń wirusowych i nadzorze immunologicznym nad rozwojem nowotworów

### **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)

### **liza**

rozpad komórek spowodowany zniszczeniem błony komórkowej pod wpływem enzymów pochodzących spoza komórki lub jej wnętrza (autoliza); jeśli komórka otoczona jest ścianą komórkową może nastąpić dopiero wtedy, gdy zostanie ona zniszczona

### **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 źerne oraz rozmaite substancje bakteriobójcze, np. lizozym; jest nieswoista, czyli nie jest nacelowana na konkretny rodzaj patogenu, rozpoznaje cechy wspólne dla wielu patogenów

### **opsonizacja**

proces polegający na ułatwieniu fagocytozy mikroorganizmów i innych cząstek przez otoczenie ich np. białkami układu dopełniacza lub przeciwciałami (opsonizacja immunologiczna)

### **stan zapalny, odczyn zapalny, zapalenie**

miejscowa, fizjologiczna reakcja obronna tkanki na uszkodzenie mechaniczne lub inne urazy (chemiczne, biologiczne); charakteryzuje się zaczerwienieniem, podwyższoną temperaturą, obrzękiem, bólem i upośledzeniem funkcji

# Grafika interaktywna

---

Schemat przebiegu stanu zapalnego.

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

## Polecenie 1

## Polecenie 2

## Polecenie 3

## Polecenie 4

Brytyjczyk Sir Thomas Lewis (1881–1945) w 1927 roku odkrył tzw. potrójną reakcję (ang. *triple response*). Dokonał tego za pomocą... linijki. Jego obserwacje doprowadziły do późniejszego odkrycia histaminy, jednego z najpotężniejszych czynników indukujących stan zapalny.

Mocne przeciągnięcie linijką po skórze powoduje bowiem:

1. W ciągu kilku sekund – pojawienie się czerwonej linii.
2. Po upływie od 15 do 30 sekund – pojawienie się dookoła czerwonej linii zaczerwienienia, które może mieć promień nawet kilku centymetrów.
3. Po upływie od 1 do 3 minut – pojawienie się przejściowej opuchlizny w miejscu czerwonej linii, która traci zabarwienie.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Spośród podanych czynników wskaż ten, który przyczynia się do powstawania stanów zapalnych, bez wyraźnych objawów zewnętrznych.

zmiążdżenie i uszkodzenie tkanek

utleniające i żrące związki chemiczne

niedotlenienie i niedożywienie tkanek

mikroorganizmy chorobotwórcze

cząsteczki alergizujące

## Ćwiczenie 2



Połącz zmiany fizjologiczne z objawami typowymi dla stanu zapalnego.

Ocieplenie

przesączenie się płynu z wnętrza naczyń krwionośnych do uszkodzonych tkanek.

Obrzęk

podrażnienie odpowiednich receptorów przesyłających sygnały do mózgu, ograniczające ruchy tkanki czy narządu, co poprawia warunki jego gojenia

Zaczerwienienie

rozszerzenie naczyń krwionośnych w sąsiedztwie uszkodzonej tkanki

Ból

lokalne zwiększenie przepływu krwi

### Ćwiczenie 3



Ułóż w odpowiedniej kolejności etapy przebiegu stanu zapalnego wywołanego przez infekcję bakteryjną.

Zwiększenie ukrwienia tkanki



Wydzielanie histaminy przez komórki tuczne



Przyciąganie fagocytów przez chemokiny naczyń krwionośnych



Fagocytoza bakterii przez leukocyty fagocytyjące



Infekcja organizmu przez patogeny



Usunięcie obcego materiału i wyleczenie rany



Napływ neutrofilów i makrofagów do miejsca zranienia



### Ćwiczenie 4



W przebieg procesu zapalnego zaangażowanych jest wiele czynników komórkowych i białkowych. Wstaw obok opisu zjawiska zachodzącego podczas reakcji zapalnej czynniki, które go powodują.

Wydzielanie histaminy

Fagocytoza patogenów

Wydzielanie czynników niszczących patogeny

Wydzielanie cytokin aktywujących komórki naprawiające tkanki

Ułatwianie fagocytozy

Wywoływanie gorączki

neutrofile i makrofagi

interleukiny

bazofile i mastocyty

białka układu dopełniacza

neutrofile

makrofagi

## Ćwiczenie 5



Zaznacz na zielono nazwy tych chorób, które są wynikiem toczącego się procesu zapalnego w organizmie, który nie został zainfekowany. Resztę pokoloruj na czerwono.

zielony

czerwony

Stwardnienie rozsiane, grypa, reumatoidalne zapalenie stawów, cukrzyca typu I, choroba Hashimoto, zapalenie płuc, angina, tasiemczyca, zapalenie wątroby typu B.

## Ćwiczenie 6



W poniższym tekście opisującym przebieg stanu zapalnego zaznacz poprawne określenia.

Reakcja zapalna należy do mechanizmów odporności  nieswoistej  swoistej . Jest odpowiedzią organizmu na  infekcję  alergię  lub uraz  mechaniczny   biologiczny  albo  chemiczny   fizjologiczny . Podczas zapalenia dochodzi do wytwarzania wielu  białek   lipidów  przez komórki zaatakowanych tkanek i uwalniania przez  komórki tuczne   eozynofile  substancji wpływających na  rozszerzenie   zwężenie  naczyń krwionośnych, np.  histaminy   dopaminy . Dzięki temu do zaatakowanej tkanki docierają krwinki  białe   czerwone , np.  neutrofile   erytrocyty , które  niszczą patogeny   powodują jej czerwone zabarwienie .

## Ćwiczenie 7



(( Funkcją zapalenia jest dostarczenie do ogniska zapalnego, czyli miejsca infekcji bądź uszkodzenia tkanek, płynu (osocza krwi i zawartych w nim białek) oraz komórek układu odpornościowego (leukocytów normalnie krążących we krwi). Zapalenie rozwija się także wtedy, gdy powstaniu zmian nie towarzyszy wniknięcie patogenów, np. po stłuczeniu. Rozwój zapalenia w takiej sytuacji może się wydawać brakiem oszczędnego „gospodarowania” elementami układu odpornościowego, w tym leukocytami i uwalnianymi przez nie mediatorami, tak jednak nie jest.

Źródło: Elżbieta Kołaczowska. *Zapalenie (ostre) jako reakcja korzystna dla organizmu – historia badań a najnowsze osiągnięcia*. KOSMOS Problemy nauk biologicznych. Tom 56 2007, numer 1-2 (274-275), strony 27-38

Uzasadnij stwierdzenie, że ostre zapalenie jest reakcją korzystną dla organizmu.

## Ćwiczenie 8



Wykaż zależność między stanem zapalnym a odpornością nabytą.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz lekcji

**Autor:** Alicja Kasińska

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Stan zapalny – powstawanie, przebieg i znaczenie

**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;

4) przedstawia rolę mediatorów układu odpornościowego w reakcji odpornościowej (białka ostrej fazy, cytokiny);

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,

d) przedstawia rolę mediatorów układu odpornościowego w reakcji odpornościowej (białka ostrej fazy, cytokiny),

### **Kształowane 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):**

- Określisz przyczyny powstawania stanu zapalnego.
- Opisziesz etapy przebiegu reakcji zapalnej.
- Uzasadnisz wpływ procesów zapalnych na utrzymanie homeostazy organizmu.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- strategia asocjacyjna;
- strategia problemowa.

### **Metody i techniki nauczania:**

- pogadanka;
- analiza tekstu źródłowego;
- analiza grafiki interaktywnej.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- grafika interaktywna.

### **Przed lekcją:**

1. Uczniowie zapoznają się z e-materiałem udostępnionym przez nauczyciela.

### **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel zadaje pytanie kluczowe (problemowe): „Co to jest stan zapalny?”
2. Następnie zadaje kolejne pytania wprowadzające w temat lekcji „Stan zapalny – powstawanie, przebieg i znaczenie”: „W jakich sytuacjach rozwija się stan zapalny? Czy stan zapalny jest korzystny dla organizmu, czy też mu szkodzi?”
3. Uczniowie próbują ustalić odpowiedzi na pytania w parach, a następnie wypowiadają się na forum. Niektóre pytania mogą na razie pozostać bez odpowiedzi.
4. Nauczyciel prosi uczniów o przeczytanie celów lekcji zamieszczonych w sekcji „Wprowadzenie” oraz określa kryteria sukcesu.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną przedstawiającą przebieg stanu zapalnego i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Następnie uczniowie wykonują polecenia od 1 do 3, dotyczące objawów reakcji zapalnej oraz procesu wygaszania zapalenia. Wyniki swojej pracy omawiają najpierw w parach (poddając je ocenie koleżeńskiej), a następnie weryfikują z pozostałymi uczniami.
2. Uczniowie wykonują ćwiczenia nr 7 (w którym mają za zadanie wykazać, na podstawie tekstu źródłowego i własnej wiedzy, że ostre zapalenie jest reakcją korzystną dla organizmu) oraz nr 8 (polegające na wykazaniu zależności między stanem zapalnym a odpornością nabytą).
3. Nauczyciel prosi uczniów, aby za pomocą linii czasu opisali w zeszycie etapy stanu zapalnego. Po wykonaniu zadania przez uczniów nauczyciel wyświetla poprawnie opracowaną linię czasu (zob. materiały pomocnicze), w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości uczniów.
4. Nauczyciel zadaje pytania: „Czy przebieg stanu zapalnego zawsze jest taki sam? Kiedy stan zapalny może stać się przyczyną rozwoju innych chorób?”. Uczniowie najpierw w parach, a następnie w czwórkach formułują odpowiedzi na pytania. Chętni lub wskazani przez nauczyciela uczniowie wypowiadają się na forum.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie wykonują ćwiczenia nr 5 (dotyczące rozpoznawania chorób zapalnych) oraz 6 (utrwalające wiedzę na temat przebiegu stanu zapalnego). Omawiają wyniki z nauczycielem, który wyjaśnia wątpliwości uczniów.
2. Nauczyciel może powrócić do pytań zadanych na początku lekcji, które mogą teraz pełnić funkcję pytań podsumowujących. Chętni lub wybrani uczniowie wypowiadają się na forum.
3. Na zakończenie zajęć nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Jak możecie wykorzystać wiadomości i umiejętności, które dziś zdobyliście?”

### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują ćwiczenia od 1 do 4 zawarte w e-materiale.

## **Materiały pomocnicze:**

Linia czasu przedstawiająca etapy reakcji zapalnej

Zasób R1I8clFWhkR7X ""

Brak pliku manifest.json w paczce

## **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:**

Grafikę interaktywną można wykorzystać podczas lekcji dotyczących układu odpornościowego człowieka, m.in. „Kryteria i podział odporności człowieka” i „Układ odpornościowy człowieka – budowa i funkcje”.