

Układ immunologiczny w walce z rakiem

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



Układ immunologiczny w walce z rakiem

Układ immunologiczny (odpornościowy) człowieka nieustannie wyszukuje komórki przednowotworowe i podejmuje próby ich eliminacji.

Źródło: Scientific Animations, licencja: CC BY-SA 4.0.

Nowotwory stanowią ogromny problem zdrowotny i społeczny na całym świecie. Aktualna wiedza na temat procesu powstawania nowotworów pozwala na opracowanie skutecznych metod leczenia, jednak walka z rakiem jest wciąż niezwykle trudna – spowodowane jest to tym, że wraz z rozwojem choroby komórki nowotworowe zaczynają unikać odpowiedzi immunologicznej. Mechanizm ten sprawia, że komórki układu odpornościowego nie zwalczają komórek nowotworowych, a nawet inicjują i promują ich rozwój.

Twoje cele

- Wymienisz typy komórek układu immunologicznego uczestniczące w odpowiedzi przeciwnowotworowej.
- Scharakteryzujesz reakcje obronne organizmu podczas kancerogenezy.
- Wyjaśnisz, jak komórki nowotworowe unikają odpowiedzi immunologicznej.

Przeczytaj

Nowotwory w Polsce i na świecie

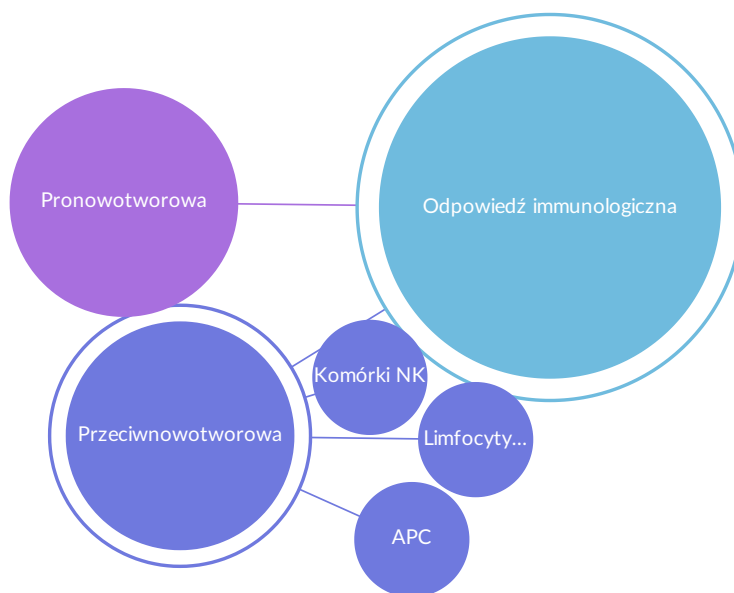
Choroby nowotworowe zaliczane są do [chorób cywilizacyjnych](#), a na ich występowanie ma wpływ wiele czynników. Rocznie w wyniku tych schorzeń umiera na świecie ponad 8 mln osób. W Polsce nowotwory powodują blisko 100 tys. zgonów rocznie, stanowiąc główną przyczynę umieralności przed 65. rokiem życia. W większości przypadków nowotwory są diagnozowane w zaawansowanej fazie, co zmniejsza powodzenie leczenia.

Ciekawostka

Regularne spożywanie warzyw i owoców (pięć porcji dziennie) zmniejsza ryzyko wystąpienia nowotworu o 20%!

Źródło: Paulina Tuchowska, Halina Worach-Kardas, Jerzy T. Marcinkowski, *Najczęstsze nowotwory złośliwe w Polsce – główne czynniki ryzyka i możliwości optymalizacji działań profilaktycznych*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2013, nr 94(2), s. 166–171.

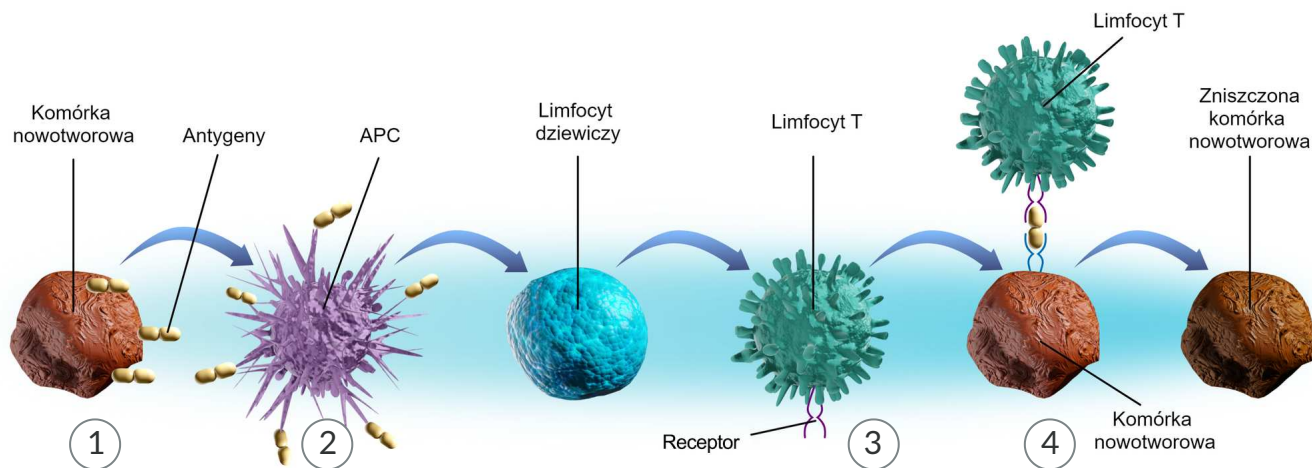
Odpowiedź układu immunologicznego w chorobie nowotworowej



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

W obrębie mikrośrodowiska guza można wyróżnić dwa rodzaje odpowiedzi układu odpornościowego. **Odpowiedź przeciwnowotworowa** zależy od możliwości rozpoznania komórek nowotworowych. Biorą w niej udział [limfocyty cytotoksyczne](#) (Tc, ang. *T cytotoxic*), komórki NK (ang. *natural killer*) oraz komórki prezentujące antygen (APC, ang. *antigen-presenting cell*). Wraz z rozwojem choroby wykształca się **odpowiedź pronowotworowa**, podczas której dochodzi do tzw. ucieczki immunologicznej nowotworu (immunoregulation), w wyniku czego komórki układu odpornościowego nie zwalczają komórek nowotworowych, a nawet inicjują i promują ich rozwój oraz umożliwiają rozsiew.

Odpowiedź immunologiczna przeciw komórkom nowotworowym



1

Komórki nowotworowe wydzielają swoje antygeny.

2

Komórki APC (głównie DC) zbierają antygeny nowotworowe, a następnie prezentują je limfocytom T.

3

Limfocyty T zostają aktywowane poprzez prezentację antygenów nowotworowych przez APC. Aktywowane limfocyty T mają na powierzchni receptory, dzięki którym są zdolne do rozpoznania swego antygeny.

4

Aktywowane komórki T znajdują komórki nowotworowe poprzez rozpoznawanie ich antygenów, które zostały im wcześniej zaprezentowane przez APC.

Odpowiedź immunologiczna przeciwko komórkom nowotworowym. Limfocyt dziewiczy to limfocyt, który nie został jeszcze pobudzony przez antygen.

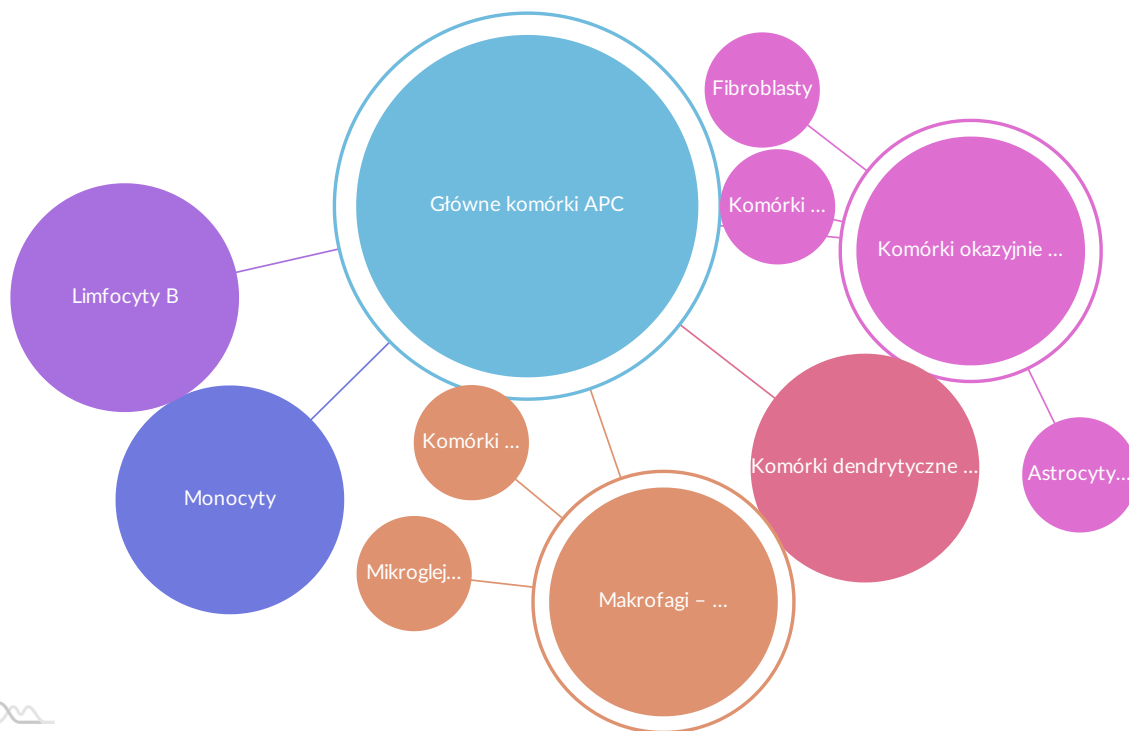
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Pierwszym etapem odpowiedzi układu odpornościowego przeciwko komórkom nowotworowym jest rozpoznanie ich antygenów przez komórki APC – przede wszystkim [komórki dendrytyczne](#) (DC, ang. *dendritic cells*) – oraz aktywacja [komórek cytotoksycznych](#). DC pobierają i transportują antygeny komórek nowotworowych do

węzłów chłonnych. Komórki te muszą otrzymać sygnał aktywacyjny do dojrzewania, aby różnicowały się w kierunku promowania odporności, a nie tolerancji antygenów (większość immunogennych białek nowotworowych to [autoantygeny](#)).

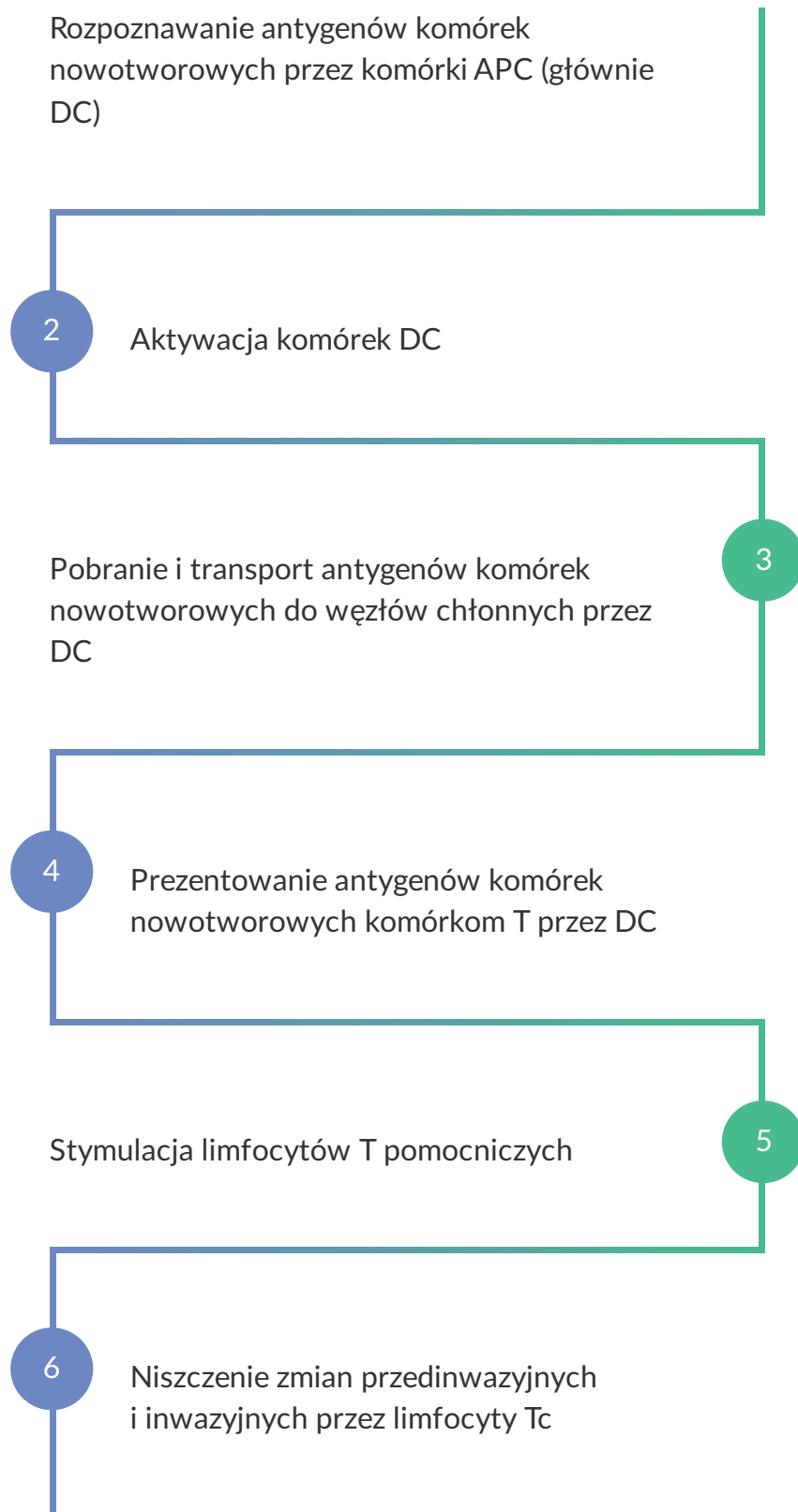
Następnie zróżnicowane DC prezentują antygeny [limfocytom T](#), w wyniku czego dochodzi do stymulacji [limfocytów T pomocniczych](#) (Th, ang. *T helper*), pełniących rolę mediatorów w reakcji unieszkodliwiania zmian nowotworowych, oraz Tc, które są zdolne do niszczenia [zmian przedinwazyjnych](#) i [inwazyjnych](#).

Komórki APC



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

Limfocyty Tc powodują [lizę](#) komórek nowotworowych lub wydzielają [ziarna cytalityczne](#), powodując [apoptozę](#) komórek nowotworowych.

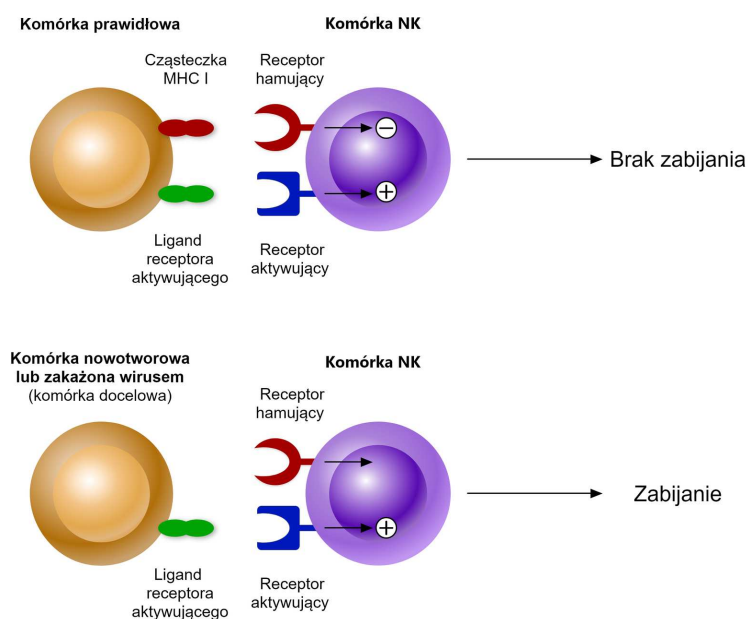


Etapy odpowiedzi przeciwnowotworowej.

Komórki NK

Komórki NK rozpoznają prawidłowe komórki dzięki obecności cząsteczki głównego układu zgodności tkankowej (MHC) klasy I. Na powierzchni komórek zakażonych

drobnoustrojami lub zmienionych nowotworowo nie występuje cząsteczka MHC I, będąca [ligandem](#) dla receptora hamującego NK, natomiast obecny jest ligand receptora aktywującego. Związanie liganda do receptora aktywującego przy jednoczesnym braku przyłączenia MHC I do receptora hamującego prowadzi do aktywacji komórek NK, uwolnienia przez nie cząsteczek cytotoksycznych (magazynowanych wcześniej w cytoplazmie w postaci ziaren) i zabicia nieprawidłowych komórek.



Działanie komórek NK.

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

Unikanie odpowiedzi immunologicznej przez komórki nowotworowe

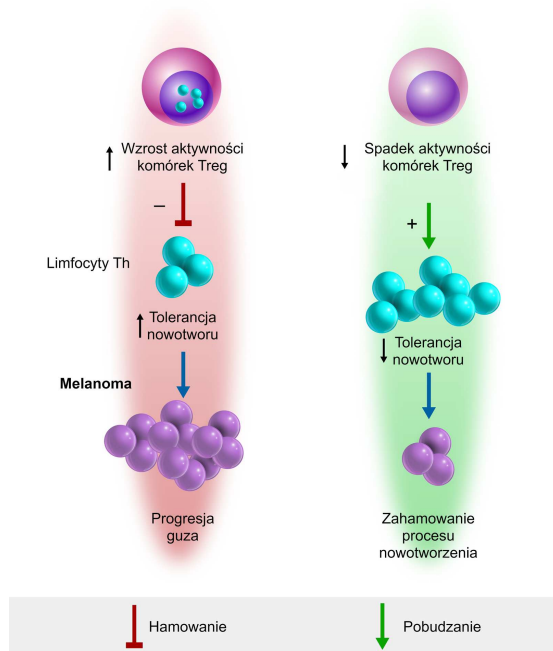
Pomimo reakcji obronnej organizmu nowotwory wymykają się spod kontroli immunologicznej. Dysfunkcja układu odpornościowego w chorobie nowotworowej zależy od wielu czynników, np. immunomodulacji, zwiększonej liczby [limfocytów Treg](#) i innych.

Immunomodulacja

Jednym z mechanizmów unikania odpowiedzi immunologicznej przez komórki nowotworowe jest zjawisko immunomodulacji. Na ich błonie komórkowej tworzą się kompleksy antygen–przeciwciało, co umożliwia eliminację antygenów nowotworowych z powierzchni komórki.

Indukcja limfocytów Treg

Tłumienie odpowiedzi przeciwnowotworowej przypisuje się również limfocytom regulatorowym (Treg, ang. *T regulatory*). Treg hamują działanie limfocytów Th i Tc, dzięki czemu zapobiegają powstawaniu nadmiernej odpowiedzi immunologicznej i autoagresji. Z drugiej strony ich aktywność utrudnia eliminację guzów (przede wszystkim litych).



Schemat indukcji limfocytów Treg. Melanoma – czerniak, nowotwór złośliwy skóry.

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

Dla zainteresowanych

Kurkumina – związek występujący w kurkumie (*Curcuma longa*), popularnej przyprawie – hamuje limfocyty Treg, przez co wykazuje działanie przeciwnowotworowe.

Słownik

apoptoza

w organizmie wielokomórkowym proces zaprogramowanej i podlegającej kontroli śmierci komórki

autoantygeny

antygeny występujące w prawidłowych tkankach

chłoniak

złośliwy nowotwór pochodzący z układu chłonnego

choroby cywilizacyjne

choroby spowodowane rozwojem cywilizacji, powszechnie występujące i szerzące się

guz lity

guz zbudowany z jednorodnej tkanki, niezawierający płynu

kancerogeneza, nowotworzenie

rozwój tkanki nowotworowej

komórki cytotoksyczne

komórki zdolne do wydzielania ziaren cytolitycznych, np. limfocyty CD8⁺ i niektóre CD4⁺, komórki NK

komórki dendrytyczne

(DC, ang. *dendritic cells*) komórki prezentujące antygen

kurkumina, metformina, kwas zolendronowy

związki stosowane jako leki; wykazują działanie przeciwnowotworowe

ligand

cząsteczka chemiczna lub jon o specyficznej budowie przestrzennej, mająca zdolność selektywnego wiązania innych cząsteczek; ważna m.in. w procesach wiązania substratu przez białka, asocjacji antygen-antyciało, rozpoznaniu komórkowym

limfocyt dziewiczy

limfocyt, który nie został jeszcze pobudzony przez antygen

limfocyty T cytotoksyczne

(Tc, ang. *T cytotoxic*) limfocyty odpowiedzialne za niszczenie komórek zakażonych drobnoustrojami i nowotworowych

limfocyty T regulatorowe

(Treg, ang. *T regulatory*) limfocyty odpowiedzialne za hamowanie nadmiernej reakcji immunologicznej

limfocyty T, komórki T

limfocyty grasiczozależne; biorą udział w swoistej odpowiedzi komórkowej

limfocyty T pomocnicze

(Th, ang. *T helper*) wspomagają odpowiedź humoralną i komórkową

liza

rozpad struktur otoczonych błoną komórkową

prolifracja

zdolność do namnażania się komórek

ziarna cytolityczne

struktury znajdujące się w limfocytach, zawierające enzymy niszczące obce lub zniszczone komórki

zmiana inwazyjna

nowotwór, który rozprzestrzenia się poza miejsce powstania i zajmuje sąsiednie tkanki; zmiany wędrują do miejsc odległych, dając tzw. przerzuty

zmiana przedinwazyjna

nowotwór nienaciekający, *in situ*, rozwijający się jedynie miejscowo bez zajmowania sąsiednich tkanek

Film samouczek



Układ immunologiczny w walce z rakiem



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1Gi8GEayADsX>

Układ immunologiczny w walce z rakiem.

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

Film pod tytułem "Układ immunologiczny w walce z rakiem".

Polecenie 1

Obejrzyj film, a następnie wyjaśnij rolę limfocytów T w odpowiedzi pronowotworowej i przeciwnowotworowej.

Polecenie 2

Wyjaśnij, w jaki sposób komórka nowotworowa może bronić się przed rozpoznawaniem przez komórki układu odpornościowego.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród poniższych zdań wybierz te, które są prawdziwe.

- ☐ Limfocyty Th2 wydzielają cytokiny (IFN- γ , TNF- α i IL-2).
- ☐ Limfocyty T biorą udział w odpowiedzi pro- i przeciwnowotworowej.
- ☐ Komórki NK rozpoznają prawidłowe komórki dzięki obecności cząsteczki głównego układu zgodności tkankowej (MHC) klasy I.
- ☐ Limfocyty Treg przyczyniają się do zachowania homeostazy układu immunologicznego.

Ćwiczenie 2



Dopasuj odpowiednie funkcje do podanych terminów.

Limfocyty Th1

Utrudniają eliminację guzów (przede wszystkim litych) oraz sprzyjają progresji nowotworu.

Komórki dendrytyczne

Wydzielają ziarna cytolityczne, powodując apoptozę komórek.

Limfocyty Th2

Produkują cytokiny przeciwzapalne.

Limfocyty Tc

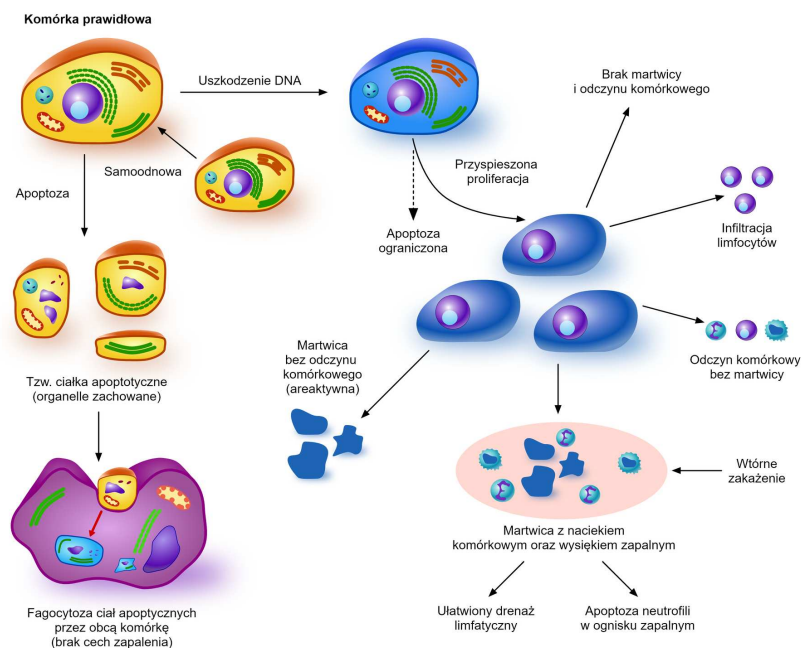
Produkują cytokiny prozapalne.

Komórki NK

Prezentują antygeny komórek nowotworowych komórkom T.

Limfocyty Treg

Rozpoznają prawidłowe komórki dzięki obecności cząsteczki głównego układu zgodności tkankowej (MHC) klasy I.

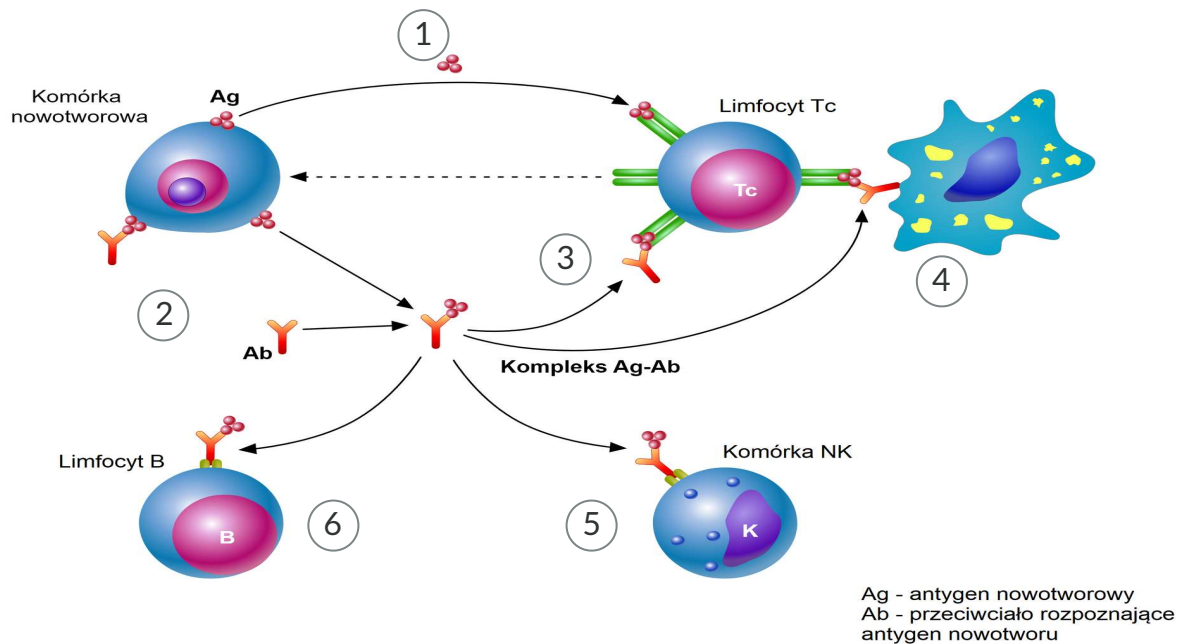


Rola apoptozy, martwicy oraz odczynu zapalnego w obronie przeciwnowotworowej.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie: Janusz A. Madej, Jan P. Madej, *Mechanizmy obrony przeciwnowotworowej – przyczyny niepowodzeń*, Med. Weter. 2015, 71, 9, 534-542, licencja: CC BY-SA 3.0.

Przeanalizuj schemat, a następnie oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Równowaga między liczbą komórek ginących i produkowanych jest zachowana w przypadku komórek prawidłowych.	☐	☐
Komórki nowotworowe charakteryzują się przyspieszoną proliferacją i ograniczoną apoptozą.	☐	☐
W nowotworach złośliwych homeostaza zostaje zaburzona.	☐	☐
Odczyn zapalny obserwuje się w komórkach prawidłowych i zmienionych nowotworowo.	☐	☐



1

Złuszczenie Ag

2

Blokowanie dostępności antygenów nowotworowych dla komórek nowotworowych.

3

Blokowanie receptora TCR.

4

Opsonizacja (zjawisko polegające na przyłączaniu określonych cząsteczek do powierzchni patogenu, co ułatwia fagocytozę przez komórki żerne) komórki efektorowej prowadząca do jej zniszczenia przez komórkę żerną, mającą receptory dla fragmentu Fc przeciwciał.

5

Blokowanie receptora dla fragmentu Fc przeciwciała, co prowadzi do zahamowania ADCC (cytotoksyczność komórkowa zależna od przeciwciał, ang. *antibody-dependent cell cytotoxicity*).

Hamowanie odpowiedzi humoralnej przez wiązanie się z receptorem dla fragmentu Fc przeciwciała.

Udział kompleksów immunologicznych w hamowaniu przeciwnowotworowej odpowiedzi immunologicznej.

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

Przeanalizuj schemat, a następnie zaznacz zdania, które opisują przedstawiony rodzaj odpowiedzi immunologicznej.

- ☐ Kompleksy pobudzają komórki efektorowe.
- ☐ Zablokowane receptory TCR upośledzają funkcję limfocytów.
- ☐ Kompleksy hamujące odpowiedź immunologiczną składają się z przeciwciał nowotworowych i limfocytów T.
- ☐ Kompleksy pobudzają odpowiedź humoralną i aktywują limfocyty T.
- ☐ Przedstawione kompleksy uniemożliwiają rozpoznanie komórek nowotworowych przez limfocyty T.

Wykresy do ćwiczeń 5 i 6

Wykres 1. Struktura zachorowań na najczęstsze nowotwory złośliwe u mężczyzn w Polsce w 2010 r.

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

Wykres 2. Struktura zachorowań na najczęstsze nowotwory złośliwe u kobiet w Polsce w 2010 r.

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

Wykres 3. Struktura umieralności na najczęstsze nowotwory złośliwe u mężczyzn w Polsce w 2010 r.

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

Wykres 4. Struktura umieralności na najczęstsze nowotwory złośliwe u kobiet w Polsce w 2010 r.

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

Źródło: Paulina Tuchowska, Halina Worach-Kardas, Jerzy T. Marcinkowski, *Najczęstsze nowotwory złośliwe w Polsce – główne czynniki ryzyka i możliwości optymalizacji działań profilaktycznych*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2013, nr 94(2), s. 166–171.

Ćwiczenie 5



Przeanalizuj wykresy od 1 do 4, a następnie, wybierając odpowiednie pojęcia, uzupełnij poniższy tekst dotyczący zachorowań i umieralności na najczęstsze nowotwory złośliwe w Polsce w 2010 r.

Najczęstszym nowotworem u kobiet i mężczyzn był rak . Dużym zagrożeniem dla kobiet były również nowotwory . Pomimo to najwięcej zgonów odnotowano z powodu raka , który stanowił zgonów w wyniku choroby nowotworowej.

Ćwiczenie 6



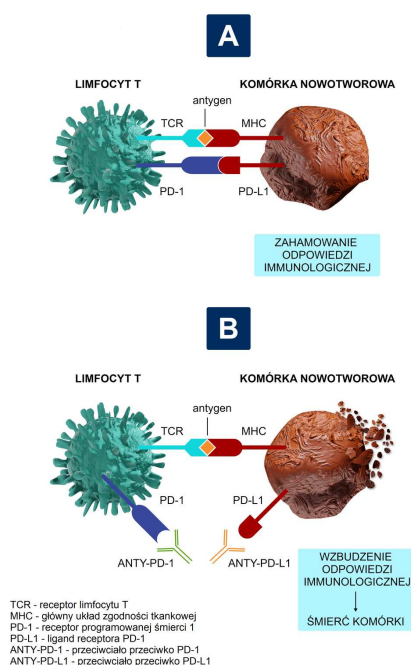
Przeanalizuj wykresy od 1 do 4, a następnie na ich podstawie oraz własnej wiedzy wyjaśnij, na czym powinna polegać profilaktyka najczęstszych nowotworów złośliwych prowadzących do śmierci.

Ćwiczenie 7



„W poszukiwaniu celów do immunoterapii przeciwnowotworowej zwraca się uwagę na negatywne punkty kontrolne, które stanowią jeden z mechanizmów ucieczki komórek spod nadzoru układu odporności. Do dwóch najlepiej poznanych hamujących immunologicznych punktów kontrolnych należą antygen 4 związany z limfocytom T cytotoksycznym (*cytotoxic T-lymphocyte antigen-4* – CTLA-4) oraz receptor programowanej śmierci 1 (*programmed death receptor-1* – PD-1).”

Źródło: Aneta Malesa, Justyna Nowak, Katarzyna Skórka, Marta Karp, Krzysztof Giannopoulos, *Immunoterapia z użyciem przeciwciał monoklonalnych ukierunkowanych na szlak PD-1/PD-L1 w chorobach nowotworowych*, Acta Haematologica Polonica, 2018, 49, 4, 201–227.



Mechanizm działania inhibitorów PD-1 oraz PD-L1 na odpowiedź immunologiczną.

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

Do pobudzenia odpowiedzi immunologicznej wymagana jest interakcja TCR z cząsteczką MHC prezentującą antygen komórki. Na podstawie tekstu i schematu wyjaśnij, jaką rolę w tym procesie odgrywają PD-1 i PD-L1 oraz przeciwciała monoklonalne.

Ćwiczenie 8



„Choroby nowotworowe – zarówno w Polsce, jak i na świecie – stanowią poważny problem ze względu na ich rozpowszechnienie. Aby skutecznie obniżyć liczbę zgonów spowodowanych nowotworami złośliwymi, należy nie tylko poszukiwać nowych, bardziej skutecznych form leczenia raka w każdej jego postaci, ale przede wszystkim opracować rzetelne programy profilaktyki pierwotnej, które mogłyby się przyczynić do zredukowania zachorowań. (...) W powstawaniu większości nowotworów złośliwych biorą udział czynniki szkodliwe związane przede wszystkim ze sposobem życia.”

Źródło: Paulina Tuchowska, Halina Worach-Kardas, Jerzy T. Marcinkowski, *Najczęstsze nowotwory złośliwe w Polsce – główne czynniki ryzyka i możliwości optymalizacji działań profilaktycznych*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2013, nr 94(2), s. 166–171.

Czynnik kancerogeny	Nowotwór
40 związków kancerogennych w dymie tytoniowym – palenie bierne i czynne	Rak płuc
Nieodpowiednia dieta – bogata w wielonasycone kwasy tłuszczowe	Rak jelita grubego Rak piersi Rak gruczołu krokowego
Nadwaga	Rak jelita grubego Rak piersi
Wirus brodawczaka ludzkiego (HPV) – niektóre typy	Rak szyjki macicy

Na podstawie: Paulina Tuchowska, Halina Worach-Kardas, Jerzy T. Marcinkowski, *Najczęstsze nowotwory złośliwe w Polsce – główne czynniki ryzyka i możliwości optymalizacji działań profilaktycznych*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2013, nr 94(2), s. 166–171.

Na podstawie powyższego tekstu oraz tabeli zaproponuj, jak powinna wyglądać profilaktyka przeciwnowotworowa.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Reczyńska, Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Układ immunologiczny w walce z rakiem

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:

7) analizuje zaburzenia funkcjonowania układu odpornościowego (nadmierna i osłabiona odpowiedź immunologiczna) oraz podaje sytuacje wymagające immunosupresji (przeszczepy, alergie, choroby autoimmunologiczne).

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:

g) analizuje zaburzenia funkcjonowania układu odpornościowego (nadmierna i osłabiona odpowiedź immunologiczna) oraz podaje sytuacje wymagające immunosupresji (przeszczepy, alergie, choroby autoimmunologiczne).

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wymieni typy komórek układu immunologicznego uczestniczące w odpowiedzi przeciwnowotworowej;
- scharakteryzuje reakcje obronne organizmu podczas kancerogenezy;
- wyjaśni, jak komórki nowotworowe unikają odpowiedzi immunologicznej.

Strategie nauczania:

- nauczanie wyprzedzające;
- konstruktywizm;
- konektywizm;
- WebQuest.

Metody i techniki nauczania:

- praca z e-materiałem;

- ćwiczenia interaktywne;
- burza mózgów;
- słoneczko;
- film samouczek;
- linia czasu;
- gwiazda pytań.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- gwiazda pytań (załącznik 1);
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

Nauczyciel udostępnia uczniom e-materiał „Układ immunologiczny w walce z rakiem”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj”, a następnie rozwiązanie ćwiczenia nr 1 zawartego w sekcji „Sprawdź się”.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel rysuje na tablicy „słoneczko”, zapisuje wewnątrz schematu: „czynniki wpływające na powstawanie nowotworów” i inicjuje burzę mózgów pytaniem: „Jakie znacie czynniki wpływające na powstawanie nowotworów?”. Uczniowie w odpowiednim miejscu (wyznaczonym przez promienie) zapisują swoje odpowiedzi. Nauczyciel podsumowuje powstały schemat.
2. Nauczyciel przedstawia uczniom temat i cele lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla film samouczek na temat reakcji immunologicznych w walce z rakiem zawarty w e-materiale.
2. Prowadzący zajęcia prosi uczniów, by pracując w parach, wyjaśnili rolę limfocytów T w odpowiedzi pronowotworowej i przeciwnowotworowej (polecenie nr 1), oraz wskazali, w jaki sposób komórka nowotworowa może bronić się przed rozpoznawaniem przez komórki układu odpornościowego (polecenie nr 2). Ochotnicy przedstawiają swoje wyjaśnienia na forum klasy, a nauczyciel ocenia ich poprawność.
3. Uczniowie wykonują w parach ćwiczenie nr 7 zawarte w e-materiale, dotyczące roli PD-1 i PD-L1 oraz przeciwciał monoklonalnych w interakcji TCR z cząsteczką MHC prezentującą antygen komórki. Następnie porównują swoje odpowiedzi z innym zespołem.
4. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery zespoły. Każda z grup ma za zadanie opisać za pomocą linii czasu reakcje obronne organizmu podczas kancerogenezy. Następnie grupy prezentują swoje linie czasu.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale. Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu

grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.

2. Nauczyciel ocenia poprawność udzielonych przez uczniów odpowiedzi.

Praca domowa:

Wykonaj ćwiczenia nr 5 i 6 zawarte w e-materiale.

Materiały pomocnicze:

Załącznik 1. Gwiazda pytań.

Plik o rozmiarze 161.02 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu samouczka:

Nauczyciel może wykorzystać film samouczek na lekcji dotyczącej układu immunologicznego.