

Układ krwiotwórczy człowieka

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



Układ krwiotwórczy człowieka

Podstawową funkcją erytrocytów jest transport tlenu po całym organizmie. Średnica tych komórek wynosi od 6 do 7 μm .

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Krew stanowi ok. 7% masy ciała. W jej skład wchodzi osocze oraz komórki krwi: krwinki (erytrocyty i leukocyty) i płytki krwi (trombocyty). Komórki krwi powstają i różnicują się w procesie zwanym hemopoezą. Erytrocyty (krwinki czerwone) wytwarzane są w czerwonym szpiku kostnym i żyją ok. 4 miesięcy. Ulegają rozkładowi w śledzionie i wątrobie. To w erytrocytach znajduje się czerwony barwnik hemoglobina, mający zdolność przyłączania tlenu. U zdrowego człowieka liczba erytrocytów wynosi od 4 do 6 mln w 1 mm^3 krwi i zależy m.in. od płci.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest hemopoeza.
- Wymienisz narządy układu krwiotwórczego człowieka.
- Opiszysz, jak powstają czerwone krwinki.
- Scharakteryzujesz komórki krwi.

Przeczytaj

Układ krwiotwórczy człowieka odpowiada za produkcję komórek krwi. Wszystkie **elementy morfotyczne** powstają z komórek pochodzących od jednej embrionalnej, nieodróżnicowanej komórki macierzystej. Aktywność tego układu zależy od wielu czynników i zmienia się wraz ze zmianą stanu organizmu, np. w przypadku niedotlenienia **szpik kostny** produkuje więcej erytrocytów, a w infekcjach tworzy więcej leukocytów. Z kolei w niektórych stanach patologicznych (po napromieniowaniu, po przyjmowaniu leków **mielotoksycznych**) szpik kostny zanika, przez co zostaje osłabiona produkcja wszystkich tych komórek.

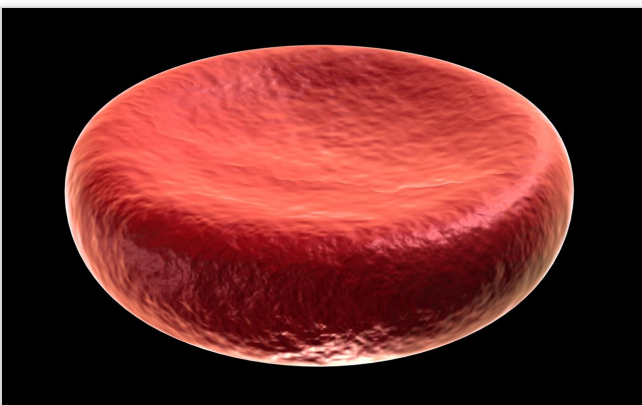
Narządy układu krwiotwórczego

Narządami układu krwiotwórczego człowieka są szpik kostny, **grasica**, **śledziona**, węzły chłonne oraz grudki chłonne błon śluzowych.

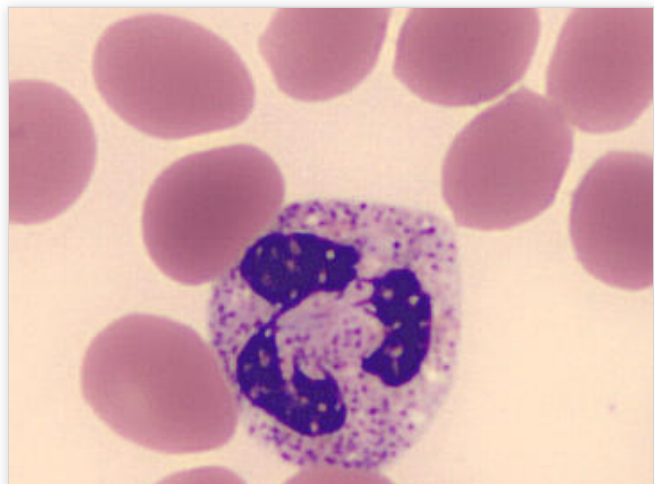
Szpik kostny jest elementem układu krwiotwórczego człowieka. To tutaj powstają erytrocyty, leukocyty oraz płytki krwi.

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

Komórki krwi

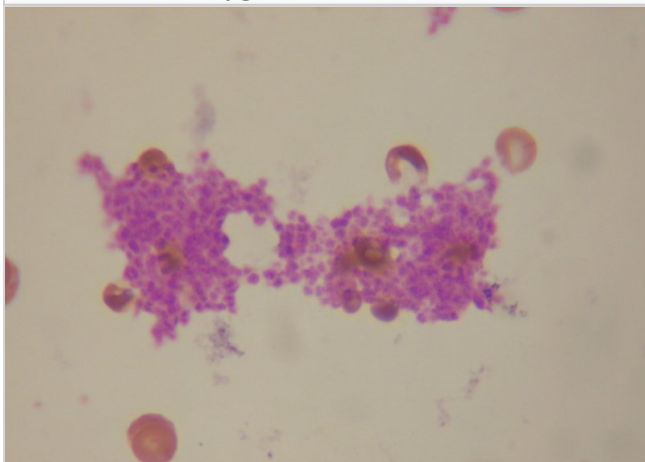


Źródło: Rogeriopfm, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.



Grafika 3D przedstawiająca erytrocyt (krwinkę czerwoną).

Erytrocyty (norma od 3,5 do 5 mln na 1 μ l krwi u KOBIET, od 4,2 do 5,4 mln na 1 μ l krwi u MEŹCZYŹN) Erytrocyty, czyli **krwinki czerwone**, powstają w szpiku kostnym czerwonym. Krażą we krwi przez 30 do 120 dni, a następnie obumierają i ulegają rozkładowi (tzw. **hemolizie**) w śledzionie, wątrobie i węzłach limfatycznych. U człowieka, tak jak u wszystkich ssaków (z wyjątkiem lamy i wielbłąda), mają kształt dysków. Dojrzałe erytrocyty człowieka są pozbawione jądra komórkowego, aparatu Golgiego i centrioli. Zawierają hemoglobinę, mającą zdolność do nietrwałego wiązania tlenu i dwutlenku węgla.

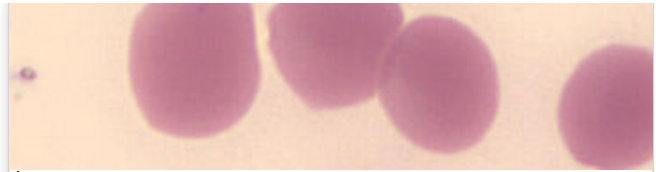


Źródło: Tleonardi, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Zdjęcie przedstawia rozmaz krwi.

W centrum znajdują się trombocyty (płytki krwi). Obraz spod mikroskopu świetlnego, powiększenie 100x. **Trombocyty (norma od 150 do 400 tys. na 1 μ l krwi)**

Trombocyty, czyli **płytki krwi**, są najmniejszymi, bezjądrowymi elementami morfotycznymi krwi, fragmentami cytoplazmy megakariocytów (dużych komórek występujących w szpiku kostnym) otoczonymi błoną komórkową. Powstają w szpiku kostnym



Źródło: El*Falaf, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Zdjęcie przedstawia leukocyt (neutrofil) (w centrum) otoczony przez erytrocyty. Obraz spod mikroskopu świetlnego, powiększenie 400x.

Leukocyty (norma od 4 do 10 tys. na 1 μ l krwi) Leukocyty, czyli **krwinki białe**, powstają w szpiku kostnym czerwonym, a dojrzewają w różnych narządach układu limfatycznego, np. śledzionie lub grasicy. W zależności od rodzaju leukocyty żyją od kilku dni do kilkudziesięciu lat. Zawierają jądro komórkowe (zachodzi u nich metabolizm i mają możliwość podziału), a w cytoplazmie niektórych rodzajów krwinek białych (**granulocytów**) występują charakterystyczne ziarnistości. Leukocyty pozbawione ziarnistości zwane są **agranulocytami**. Granulocyty dzielą się na: neutrofile, bazofile i eozynofile, natomiast agranulocyty na: monocyty i limfocyty. Zadaniem leukocytów jest ochrona organizmu przed patogenami.

z megakariocytów. Odgrywają podstawową rolę w procesie krzepnięcia krwi.

Hemopoeza

Hemopoeza to proces powstawania i różnicowania się komórek hemolimfy bezkręgowców i komórek krwi kręgowców, zachodzący u zarodków i osobników dorosłych.

Miejsce powstawania komórek krwi kręgowców kilkakrotnie zmienia się w trakcie rozwoju organizmu. W początkowym okresie rozwoju zarodkowego (ok. 1 miesiąca życia płodowego) komórki krwi powstają w wyspach krwi znajdujących się w okolicy pęcherzyka żółtkowego (hemopoeza pozazarodkowa). W późniejszym okresie komórki krwi powstają w wątrobie (od 1 miesiąca życia płodowego do końca ciąży) i śledzionie (od 2 miesiąca życia płodowego do 7) (hemopoeza wątrobowo-śledzionowa), a następnie (od 4 miesiąca do końca życia) w czerwonym szpiku kostnym znajdującym się w kościach płaskich i nasadach kości długich (hemopoeza szpikowa). Jedynie limfocyty różnicują się i dojrzewają w narządach limfatycznych.

Powstawanie komórek prekursorowych dla poszczególnych rodzajów krwinek.

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

Słownik

elementy morfotyczne krwi

składniki krwi będące komórkami lub fragmentami komórek; wszystkie powstają w szpiku kostnym

grasica

narząd występujący u wszystkich kręgowców żuchwowych; gruczoł dokrewny wchodzący w skład układu chłonnego; odgrywa ważną rolę w tworzeniu mechanizmów odpowiedzi immunologicznej

hemoglobina

czerwona hemoproteina występująca w erytrocytach kręgowców i hemolimfie niektórych bezkręgowców, zdolna do odwracalnego łączenia się z tlenem i dwutlenkiem węgla i dzięki temu pełniąca funkcję przekaźnika tlenu w organizmie

hemoliza

rozpad krwinek czerwonych z uwolnieniem zawartej w nich hemoglobiny, spowodowany uszkodzeniem błony komórkowej

hemopoeza (hematopoeza)

proces powstawania i różnicowania się komórek krwi kręgowców

megakariocyty

największe komórki szpiku kostnego, z których w wyniku fragmentacji cytoplazmy powstają płytki krwi

mielotoksyczność

toksyczny wpływ na szpik kostny; zostaje on uszkodzony, a produkcja elementów morfotycznych krwi osłabiona lub całkowicie zahamowana

szpik kostny

tkanka krwiotwórcza wypełniająca jamy szpikowe kości długich, kręgow oraz kości płaskich (mostka, kości czaszki, miednicy, żeber)

śledziona

narząd związany z układem krwionośnym, u człowieka leżący w jamie brzusznej, w okolicy lewego podżebrza

Grafika interaktywna

Etapy erythropoezy – procesu powstawania krwinek czerwonych

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

Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną i wyjaśnij, na czym polega rola erytropoetyny w erythropoezie.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego dojrzałe erytrocyty nie mają jądra komórkowego.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz rodzaj komórki macierzystej, z której powstają poszczególne typy krwinek.

	Limfocyty	Trombocyty	Erytrocyty	Makrofagi	Granulocyty
Komórka macierzysta mieloidalna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Komórka macierzysta limfoidalna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 2



Podczas erytropoezy w ludzkim szpiku kostnym dochodzi do utraty jądra komórkowego przez komórki – retikulocyty są pierwszą klasą komórek pozbawioną tej organelli.

Spośród poniższych wybierz zdania poprawnie opisujące korzyści wynikające z utraty jąder komórkowych podczas erytropoezy.

- W erytrocytach dzięki nieobecności jądra komórkowego może gromadzić się więcej hemoglobiny.
- Pozbawione jąder komórkowych erytrocyty mają kształt ułatwiający im przemieszczanie się w naczyniach włosowatych.
- Brak jądra komórkowego w erytrocytach skutkuje niskim poziomem metabolizmu komórkowego i niewielkim zużyciem ATP.
- Brak jądra komórkowego umożliwia większy wpływ genów zawartych w mitochondriach erytrocytu na metabolizm czerwonych krwinek.

Ćwiczenie 3



Część leków przeciwnowotworowych (jak winblastyna) jest inhibitorami polimeryzacji tubuliny (białka budującego wrzeciono kariokinetyczne).

Uzupełnij zdanie, uwzględniając powyższą informację.

Terapia winblastyną funkcje krwiotwórcze szpiku kostnego, ponieważ .

wpływa pozytywnie na

wrzeciono kariokinetyczne nie jest potrzebne w tym procesie

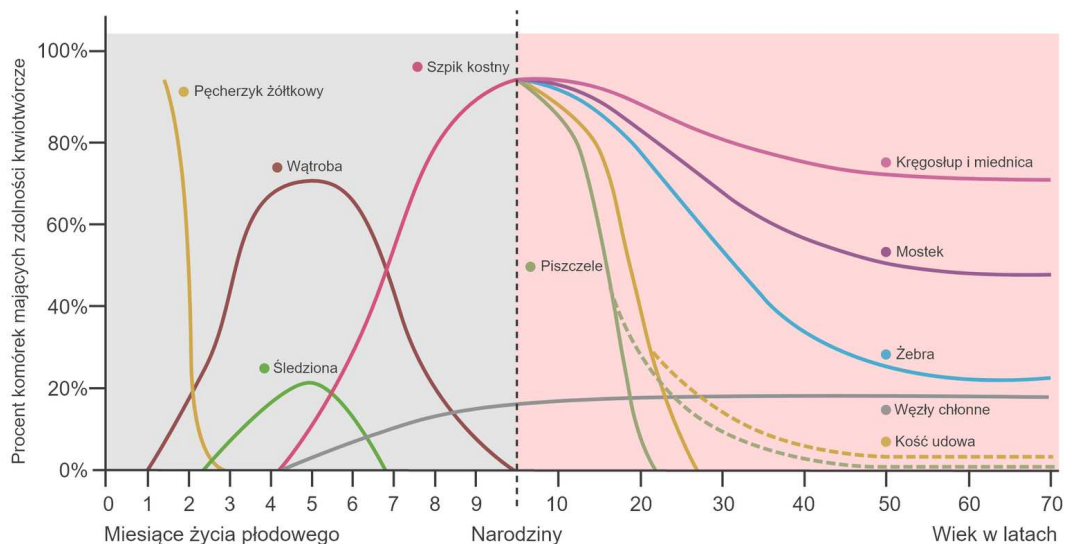
nie ma wpływu na

niewytworzenie wrzeciona kariokinetycznego powoduje błędy w procesie replikacji DNA

wpływa negatywnie na

niewytworzenie wrzeciona kariokinetycznego blokuje mitozę

Ćwiczenie 4



Wykres przedstawia zmiany potencjału krwiotwórczego poszczególnych narządów i tkanek organizmu ludzkiego w okresie życia płodowego i po narodzinach.

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

Na podstawie analizy wykresu oznacz poniższe zdania jako prawdziwe lub fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Liczba rodzajów tkanek o potencjale krwiotwórczym jest wyższa w okresie przed narodzinami niż po narodzinach.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wątroba ma znaczące zdolności krwiotwórcze w życiu płodowym człowieka.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Istnieją różnice w potencjale krwiotwórczym szypiku kostnego pomiędzy typami kości, w jakich szypik występuje.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jedynie szypik kostny pełni funkcję krwiotwórczą zarówno przed narodzinami, jak i po narodzinach.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Informacja do ćwiczeń 5, 6 i 7

Komórki prekursorowe, z których następnie w grasicy różnicują się limfocyty, powstają w szpiku kostnym. W procesie dojrzewania limfocytów T dochodzi do alternatywnego splicingu i rearanżacji genów, co skutkuje wytworzeniem ogromnej liczby (dziesiątki milionów) limfocytów T mających na swojej powierzchni różne warianty receptora TCR. W przeciwieństwie do limfocytów T powstające w szpiku kostnym erytrocyty mają na swojej powierzchni ostateczny zestaw białek.

Przeszczep szpiku kostnego polega na podaniu pacjentowi komórek macierzystych zdolnych do odtworzenia szpiku kostnego. Komórki macierzyste pochodzić mogą zarówno bezpośrednio ze szpiku dawcy, jak i z krwi obwodowej lub pępowinowej.

W pewnym szpitalu doszło do przestępstwa, a jednym z nielicznych dowodów jest próbka krwi znaleziona na miejscu zbrodni. Na podstawie badań grupy krwi oraz obecności czynnika Rh na powierzchni erytrocytów wykluczono z grona podejrzanych personel medyczny. Ostatecznie stwierdzono, że w czasie popełnienia przestępstwa w okolicy znajdować się mogły jedynie dwie osoby (A i B). Pacjent A trzy miesiące wcześniej przeszedł przeszczep szpiku kostnego, którego dawcą była osoba B (spokrewniona z pacjentem). Osoba B odwiedzała pacjenta A w dzień popełnienia przestępstwa.

W celu sprawdzenia, kto dopuścił się przestępstwa, przeprowadzono cztery badania:

1. Pobrano krew obwodową od osób A i B, a następnie porównano budowę receptorów TCR obecnych na limfocytach T podejrzanych z tymi występującymi na powierzchni limfocytów T znalezionych we krwi będącej dowodem w sprawie.
2. Porównano antygeny obecne na erytrocytach osób A i B z tymi obecnymi na erytrocytach z krwi będącej dowodem w sprawie.
3. Za pomocą analizy restrykcyjnej porównano materiał genetyczny obecny w limfocytach T podejrzanych z tym obecnym w limfocytach T znalezionych we krwi będącej dowodem w sprawie.
4. Pobrano komórki skóry właściwej podejrzanych i za pomocą analizy restrykcyjnej porównano ich materiał genetyczny z tym obecnym w limfocytach T znalezionych we krwi będącej dowodem w sprawie.

Wyniki badań przedstawiały się następująco:

1. Receptory TCR żadnego z podejrzanych nie wykazywały pełnego podobieństwa do tych obecnych na limfocytach T z krwi będącej dowodem w sprawie.
2. Antygeny na erytrocytach obu podejrzanych osób były identyczne jak na erytrocytach z krwi znalezionej na miejscu popełnienia przestępstwa.
3. Materiał genetyczny limfocytów T obu podejrzanych odpowiadał temu obecnemu w limfocytach T z krwi będącej dowodem w sprawie.

4. Tylko materiał genetyczny pobrany z komórek somatycznych osoby B odpowiadał temu występującemu w jądrach komórkowych limfocytów T z krwi będącej dowodem w sprawie.

Ćwiczenie 5



Na podstawie powyższych informacji i własnej wiedzy wskaż, która osoba prawdopodobnie jest sprawcą tego przestępstwa.

osoba B

żadna z nich

osoba A

Ćwiczenie 6



Na podstawie informacji do ćwiczenia 5, 6 i 7 oraz własnej wiedzy uzupełnij poniższy tekst, tak żeby przedstawiał prawdziwe informacje.

Badanie 1 był było rozstrzygające w procesie ustalania sprawcy. Brak pełnego podobieństwa receptorów TCR na limfocytach podejrzanych z tymi obecnymi na limfocytach w znalezionej krwi wynika z wielkiej zmienności genetycznej wzmożonej ekspresji genów cechującej limfocyty T. Antygeny na powierzchni erytrocytów podejrzanych są identyczne z tymi występującymi na erytrocytach z krwi będącej dowodem w sprawie, ponieważ w jądrze retikulocytoproerytroblastu krwi sprawcy i podejrzanych występują identyczne geny. Przyczyną tego stanu możenie może być pokrewieństwo wiążące osoby A i B.

Ćwiczenie 7



Na podstawie informacji do ćwiczenia 5, 6 i 7 oraz własnej wiedzy uzasadnij, wyniki której z metod opierających się na badaniu materiału genetycznego (3 czy 4) możemy uznać za rozstrzygające w kwestii ustalenia sprawcy. Dlaczego druga z metod nie dała podobnych wyników?

Ćwiczenie 8



Śledziona jest ważnym narządem krwiotwórczym w okresie prenatalnym.

Wyjaśnij, dlaczego w kontekście krwiotwórstwa możemy mówić o odwróceniu roli śledziony w okresie postnatalnym (po urodzeniu).

Dla nauczyciela

Autor: Zuzanna Szewczyk

Przedmiot: biologia

Temat: Układ krwiotwórczy człowieka

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.

1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu człowieka. Uczeń:

1) rozpoznaje tkanki zwierzęce na preparacie mikroskopowym, na schemacie, mikrofotografii, na podstawie opisu i wykazuje związek ich budowy z pełnioną funkcją;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Uczeń:

1) rozpoznaje tkanki zwierzęce na preparacie mikroskopowym, na schemacie, mikrofotografii, na podstawie opisu i wykazuje związek ich budowy z pełnioną funkcją;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Wyjaśnisz, czym jest hemopoeza.
- Wymienisz narządy układu krwiotwórczego człowieka.
- Opiszysz, jak powstają czerwone krwinki.
- Scharakteryzujesz komórki krwi.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- mapa myśli.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- arkusze papieru A3, flamastry.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla temat zajęć: *Układ krwiotwórczy człowieka* oraz cele lekcji.
2. Nauczyciel prosi chętnych uczniów o przypomnienie informacji na temat komórek krwi. Chętni uczniowie wypowiadają się.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z wprowadzeniem do e-materiału oraz tekstem w sekcji „Przeczytaj”.
2. Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy i rozdaje po jednym arkuszu papieru formatu A3. Uczniowie, na podstawie treści e-materiału, w ciągu 10 minut wykonują w grupach mapę myśli dotyczącą przydzielonego zagadnienia, wpisując hasła, rysunki i opisy:
 - grupa I – narządy układu krwiotwórczego;
 - grupa II – komórki krwi;
 - grupa III – hemopoeza.
3. Grupy omawiają zagadnienia, wykorzystując swoje mapy myśli oraz grafiki z e-materiału. Pozostali uczniowie i nauczyciel w razie potrzeby uzupełniają informacje.
4. Uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną przedstawiającą etapy erytropoezy. Następnie, pracując w parach, wykonują polecenia nr 1 (polegające na opisaniu punktów wskazanych na grafice) i 2 (w którym uczniowie mają za zadanie wyjaśnić,

dlaczego dojrzałe erytrocyty nie mają jądra komórkowego). Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowe rozwiązanie.

5. Uczniowie w czteroosobowych grupach wykonują ćwiczenia nr 5, 6 i 7 (dotyczące badań grup krwi oraz obecności czynnika Rh na powierzchni erytrocytów) zawarte w e-materiale, a po upływie wyznaczonego czasu dyskutują nad poprawnymi rozwiązaniami. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 4 z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie (typu „prawda/fałsz”) dla osoby z pary: wymyślają trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel zadaje uczniom pytania podsumowujące:
 - Czym jest hemopoeza?
 - Jakie narządy składają się na układ krwiotwórczy człowieka?
 - Jak powstają czerwone krwinki?
 - Czym charakteryzują się komórki krwi?

Praca domowa:

Wykonaj ćwiczenia interaktywne od 1 do 3.

Materiały pomocnicze:

Encyklopedia szkolna. Biologia, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Grafika interaktywna może zostać wykorzystana w fazie podsumowującej lekcję. Może również zostać wykorzystana na innej lekcji dotyczącej składników krwi.