



Ewolucja układu sercowo-naczyniowego kręgowców

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Mapa myśli](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Ewolucja układu sercowo-naczyniowego kręgowców

Ewolucja układu krwionośnego kręgowców rozpoczęła się od prostego układu obejmującego skrzela, naczynia krwionośne rozprowadzające krew w ciele oraz serce. Ilustracja przedstawia schemat budowy serca ryby.

Źródło: Ahnode, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 3.0.

Ewolucja układu krwionośnego kręgowców była procesem stopniowych zmian i adaptacji. Umożliwiły one powstanie dwuobiegowego układu, którego centralnym elementem jest serce. W sercu proces zmian dążył w kierunku powstania mechanizmów zapobiegających mieszanii się krwi utlenowanej z odtlenowaną. Układ taki funkcjonuje u ssaków i był niewątpliwie ważnym elementem, dzięki któremu doszło do ekspansji tej grupy zwierząt. W niniejszym e-materiale omówione zostaną główne kierunki zmian zachodzących w układach krążenia kręgowców, w tym proces przebudowy planu tętnic skrzelowych, stopniowa komplikacja budowy serca i związane z nią zmiany w obrębie naczyń doprowadzających i odprowadzających krew.

Twoje cele

- Przedstawisz zmiany zachodzące w układach krwionośnych kręgowców.
- Przeanalizujesz budowę serca ryb, płazów, gadów, ptaków i ssaków.
- Objaśnisz istotę zmian w układach krwionośnych w odniesieniu do środowiska życia przedstawicieli omawianych gromad kręgowców.

Naczynia łuków skrzelowych



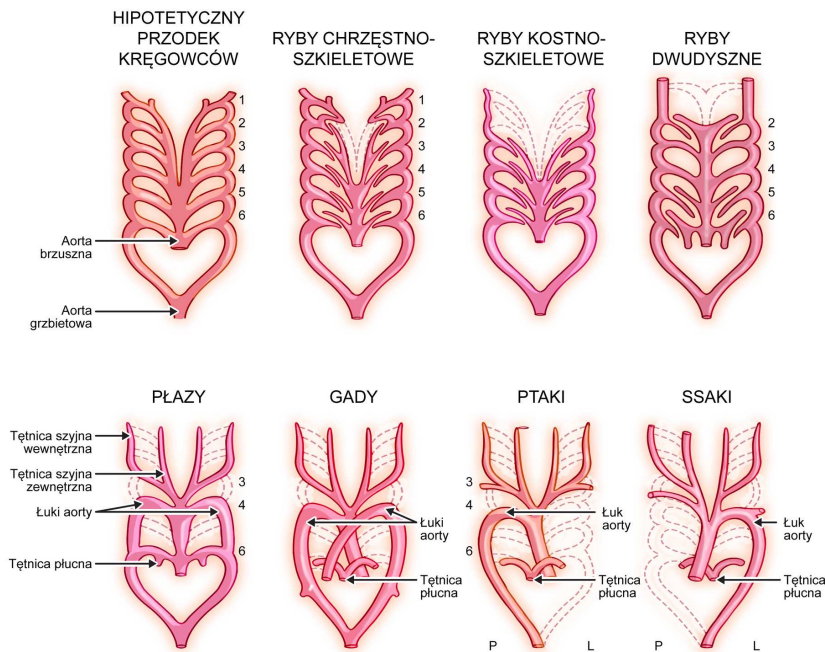
Zdjęcie przedstawia karpia, którego czerwone skrzela są widoczne z powodu wrodzonej wady płata skrzela.

Źródło: Guitardude012, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 3.0.

Ryby, jako zwierzęta pobierające tlen rozpuszczony w wodzie, wykształciły wydajny funkcjonalnie układ naczyń krwionośnych docierający do skrzeli. Z serca ryb wychodzi jedno naczynie (pień tętniczy) w kierunku skrzeli, które dzieli się na kilka par tętnic zaopatrujących w krew okolice **łuków skrzelowych**. **Ryby kostnoszkieletowe** mają sześć par łuków skrzelowych oraz taką samą liczbę tętnic skrzelowych. Tętnice te tworzą układ o drabinkowatym planie budowy oplatający skrzela i umożliwiający pobór tlenu z wody, która je opływa.

Drabinkowy układ tętnic odtwarzany był także w trakcie rozwoju kręgowców żyjących na lądzie, a następnie podlegał modyfikacji charakterystycznej dla każdej z gromad (spójrz na poniższą grafikę przedstawiającą ewolucję naczyń łuków skrzelowych u kręgowców). W trakcie ewolucji na przestrzeni milionów lat dochodziło do zmian, których efektem końcowym było powstanie dużego i małego obiegu krwi. Aby proces ten był możliwy, doszło do stopniowego rozdzielenia układu drabinkowatego na część zaopatrującą głowę oraz układ docierający do płuc i reszty ciała. Patrząc na główne elementy tego procesu,

dostrzec można, że naczynia pierwszych dwóch par łuków skrzelowych zanikają całkowicie, natomiast naczynia trzeciej pary przekształciły się w tętnice szyjne zaopatrujące w krew mózg. Zmiana ta uległa utrwaleniu przez rozdzielenie pierwotnego połączenia pomiędzy trzecią i czwartą parą tętnic skrzelowych. Tętnice czwartej pary z czasem zaczęły wchodzić w skład aorty, tworząc anatomiczną strukturę określaną jako łuk aorty. Piąta para zanikła całkowicie, a szósta zapoczątkowała powstanie tętnic płucnych.



Ewolucja naczyń łuków skrzelowych u kręgowców. Charakterystyczną cechą ewolucyjnych zmian w układach krwionośnych kręgowców jest zanik i przekształcenie poszczególnych par łuków skrzelowych (oznaczono je numerami). P – prawa strona ciała, L – lewa strona ciała.

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

Ewolucja serca i naczyń krwionośnych kręgowców

Serce kręgowców przeszło długą drogę ewolucyjnych adaptacji, począwszy od tych związanych z funkcjonowaniem w środowisku wodnym, a skończywszy na przystosowaniach do transportu tlenu atmosferycznego.

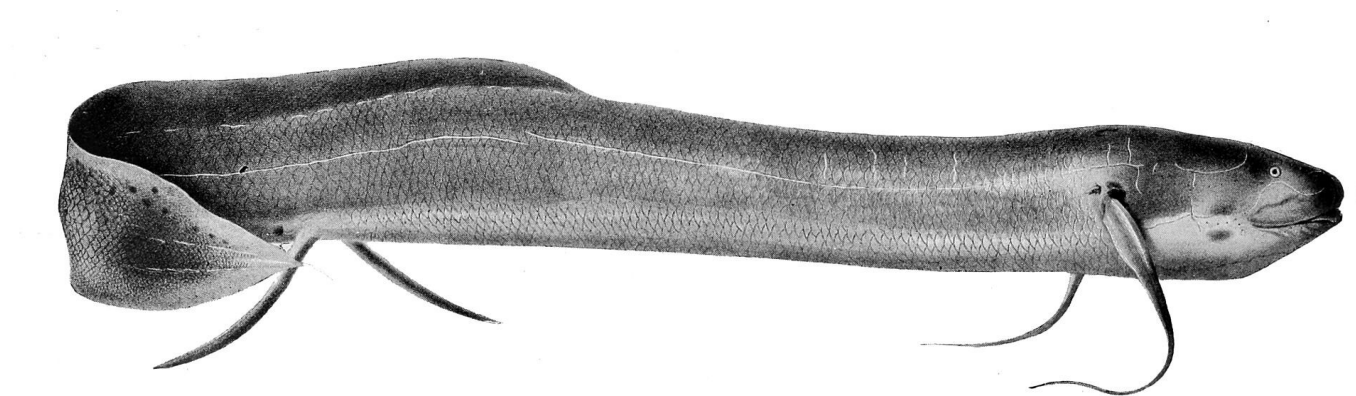
Podstawowy plan budowy serca ryb oddychających skrzelami stanowią połączone ze sobą pęcherzyki, czyli **zatoka żylna**, przedsionek, komora i **stożek tętniczy** u ryb chrzęstnoszkieletowych. Pomiędzy wymienionymi strukturami znajdują się zastawki, których funkcją jest zapewnienie jednokierunkowego przepływu krwi i uniemożliwienie jej cofania. Serce ryb określane jest jako żyłne, gdyż przepływa przez nie krew odtlenowana.

Pierwszym ważnym narządem po opuszczeniu serca są skrzela. Tam krew zostaje utlenowana i następnie jest rozprowadzana po całym organizmie. Pozbawiona tlenu krew wraca **przewodami Cuviera** i żyłą wątrobową do zatoki żyłnej. Ten podstawowy plan budowy u ryb ulega różnym modyfikacjom. U **bezzuchwoców** (minogów, śluzic) w układzie krwionośnym występują kurczące się „serca” dodatkowe, stożek tętniczy jest zredukowany, a jego funkcję przejmuje częściowo opuszka tętnicza.

Schemat układu krwionośnego ryb. Na czerwono zaznaczono krew utlenowaną, na niebiesko krew odtlenowaną.

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

U ryb najbardziej zaawansowana budowa serca występuje u dwudysznych. W związku z powstaniem u nich płuc wspomagających wymianę gazową wykształciła się żyła płucna, którą krew z płuc uchodzi do prawej części przedsionka serca. W sercu pojawiły się natomiast struktury mające za zadanie oddzielenie krwi zawierającej tlen od krwi pozbawionej tlenu. Taką strukturą jest pełniący funkcję przegrody fałd błony biegnący od przedsionka do wnętrza komory. Również stożek tętniczy dzieli spiralna zastawka, której zadaniem jest utworzenie dwóch strumieni krwi – zawierającego tlen i pozbawionego tlenu.



Ryba dwudyszna – prapłetwiec czarny (*Protopterus dolloi*).

Źródło: MM. P. J. Smit & J. Green, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Tendencję przekształcania się budowy serca w związku z przystosowaniem organizmu do oddychania tlenem atmosferycznym wyraźnie widać u płazów. U zwierząt tych występują trzy sposoby oddychania: za pomocą płuc, przez skórę i – u części płazów – przez skrzela. U płazów oddychających przez skórę (np. u salamandry) natlenowana krew zostaje zebrana przez żyłę główną skórną, a następnie trafia do zatoki żyłnej. U płazów oddychających na dwa sposoby, tzn. za pomocą skóry i płuc, istnieją dwie drogi docierania krwi do serca: żyłą główną skórną oraz żyłą płucną. Choć opisane mechanizmy niewątpliwie świadczą o ewolucji układu sercowo-naczyniowego, krew tętnicza i żylna częściowo miesza się w komorze, która nie zawiera przegrody.

Schemat układu krwionośnego płazów. Na czerwono zaznaczono krew natlenowaną, na niebiesko krew odtlenowaną. Kolor fioletowy oznacza mieszanie się krwi natlenowanej i odtlenowanej.

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



U płazów doszło do redukcji zatoki żyłnej i stożka tętniczego w sercu. Struktury te tracą na znaczeniu funkcjonalnym i ulegają wbudowaniu w resztę pęcherzyków serca. Na ilustracji – chwytnica kolorowa (*Agalychnis callidryas*).

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

U gadów doszło do dalszego rozdziału dwóch strumieni krwi w obrębie serca. Z wyłączeniem krokodyli, które mają całkowitą przegrodę serca, w budowie anatomicznej serca gadów obserwuje się przegrodę niepełną. Funkcjonalnie natomiast mechanizm ten działa już na tyle sprawnie, że stopień mieszania krwi natlenowanej z odtlenowaną jest minimalny. Stożek tętniczy ulega całkowitej przebudowie na trzy oddzielne naczynia: prawy i lewy łuk aorty oraz tętnicę płucną. Zatoka żylna podlega dalszej redukcji i staje się częścią prawego przedsionka.

Schemat układu krwionośnego gadów. Na czerwono zaznaczono krew natlenowaną, na niebiesko krew odtlenowaną. Kolor fioletowy oznacza mieszanie się krwi natlenowanej i odtlenowanej.

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

U ptaków i ssaków obserwujemy dalsze oddzielenie prawej i lewej części serca przez kompletną przegrodę. Doskonałą się zastawki serca, a zatoka żylna całkowicie wbudowana zostaje w prawy przedsionek. U ptaków łuk aorty przebiega w stronę prawą, natomiast u ssaków w stronę lewą. Proces przekształcenia serca, związany ze zmianą narządów wymiany gazowej ze skrzeli na płuca, zostaje zakończony.

Schemat układu krwionośnego ssaków. Na czerwono zaznaczono krew natlenowaną, na niebiesko krew odtlenowaną.

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

Dla zainteresowanych

Stożek tętniczy a opuszka tętnicza. Czym różnią się te struktury?

U wszystkich ryb poza kostnoszkieletowymi wspólną cechą serca jest kurczący się stożek tętniczy. Analogiczną funkcję u ryb kostnoszkieletowych pełni natomiast opuszka tętnicza. Przez dłuższy czas uważano, iż struktury te są sobie odpowiadające i stanowią tylko różne anatomiczne formy. Dokładniejsze badania histologiczne ujawniły jednak znaczne różnice w budowie i pochodzeniu obydwu struktur. Stożek tętniczy zbudowany jest z tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej i podlega aktywnym skurczom tak jak cały narząd. Opuszkę tętniczną tworzy natomiast tkanka mięśniowa gładka. Podobnie jak w tętnicach stanowi ona elastyczny element, który dzięki sprężystości reaguje na falę krwi wychodzącej z serca. Pozostałością opuszki tętnicznej u ssaków jest rozszerzony fragment aorty tuż u jej nasady – opuszka aorty.

Słownik

bezzuchwowce

(łac. *Agnatha*) takson kręgowców pozbawionych szczęk; należą do niego śluzice i minogokształtne

przewód Cuviera

główna żyła odprowadzająca krew z ciała ryb

łuk skrzelowy

fragment szkieletu trzewioczaszki kręgowców

stożek tętniczy

część serca, która u płazów oraz ryb (poza kostnoszkieletowymi) odprowadza krew z komory do tętnicy

ryby kostnoszkieletowe

nadgromada ryb, u których szkielet jest w różnym stopniu skostniały

zatoka żylna

jama serca kręgloustych, ryb i płazów, zbierająca krew z żył głównych

Mapa myśli

Kierunki ewolucyjne zmian w układzie krążenia kręgowców.

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

Polecenie 1

Zapoznaj się z mapą myśli przedstawiającą kierunki zmian ewolucyjnych w układzie krążenia kręgowców i określ, czy zamknięcie przegrody jest korzystne dla organizmu. Swoją odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz odpowiedź. Plan budowy układu krwionośnego ryb jest:

☐ drzewkowaty

☐ otwarty

☐ drabinkowaty

☐ dwuobiegowy

Ćwiczenie 2



Wybierz odpowiedź. Cechą charakterystyczną dla układu sercowo-naczyniowego ryb dwudysznych jest występowanie:

☐ serca o strukturze pęcherzykowej

☐ fałdu błony tworzącego przegrodę w sercu

☐ zredukowanej formy zatoki żyłnej

☐ podwójnego serca

Ćwiczenie 3



Połącz w pary struktury anatomiczne z grupami kręgowców, u których struktury te występują.

niepełna przegroda komory

płazy

łuk aorty lewostronny

gady

opuszka tętnicza

ryby kostnoszkieletowe

żyła główna skórna

ssaki

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższy tekst odpowiednimi wyrażeniami.

W rozwoju płodowym ssaki odtwarzają częściowo historię ewolucyjnych zmian w układzie krążenia kręgowców. Jako pierwszy element pojawia się ułożenie pęcherzyków serca, podobnie jak u . nie jest podzielona , proces ten zachodzi później. W kolejnych etapach serca ulegają przemieszczeniu, tworząc właściwy układ przedsionków i komór.

dwóch

pojedynczych

zatoki

ryb

drabinkowate

gadów

Komora

pęcherzyki

fałdem błoniastym

liniowe

przegrodą

rozgałęzione

przedsionek

Ćwiczenie 5



Oceń prawdziwość poniższych twierdzeń.

	Prawda	Fałsz
Przebieg aorty różni się w zależności od gromady kręgowców.	☐	☐
W trakcie ewolucji tętnice łuków skrzelowych pierwszej i drugiej pary zanikają całkowicie.	☐	☐
Krokodyle jako jedyne gady mają niepełną przegrodę serca.	☐	☐
Ptaki i ssaki mają wyraźnie wyodrębnioną zatokę żylną.	☐	☐
U ryb krew ze stożka tętniczego serca trafia do tętnicy płucnej.	☐	☐

Ćwiczenie 6



Schemat budowy serca ryby.

Źródło: Reytan, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Ćwiczenie 7



Ryby dwudyszne stanowiły ważne ogniwo w powstaniu płazów. Podaj trzy argumenty dotyczące powiązania układu krwionośnego z oddechowym, które potwierdzają tę hipotezę.

Ćwiczenie 8



Dowodów ewolucji można szukać w różnych miejscach. Skamieniałości nie zawsze wystarczają, by odtworzyć wszystkie ogniwa łączące nas z odległymi przodkami. Możemy jednak obserwować na własnym organizmie pewne pozostałości po przodkach lub zauważalne doskonalenie się pierwotnych elementów. Przykładem tego procesu jest ewolucja układu krwionośnego.

Wciel się w rolę biologa ewolucyjnego: na podstawie budowy i rozwoju układu krążenia ssaków wskaż po jednym dowodzie, który łączy tę gromadę z pozostałymi kręgowcami (rybami, ptakami, gadami, płazami) i wskazuje, że kręgowce mają wspólnego przodka.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Ewolucja układu sercowo-naczyniowego kręgowców

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

3) Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:

m) przedstawia rodzaje układów krążenia u zwierząt (otwarte, zamknięte) oraz wykazuje związek między budową układu krążenia i jego funkcją u poznanych grup zwierząt,

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):

- Przedstawisz zmiany zachodzące w układach krwionośnych kręgowców.
- Przeanalizujesz budowę serca ryb, płazów, gadów, ptaków i ssaków.
- Objaśnisz istotę zmian w układach krwionośnych w odniesieniu do środowiska życia przedstawicieli omawianych gromad kręgowców.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- mapa myśli;

- śniegowa kula;
- gra dydaktyczna.

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.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.
2. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel prosi o przypomnienie, jak jest zbudowany układ krążenia kręgowców.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie indywidualnie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj” i zapisują na kartkach minimum pięć pytań do tekstu. Przedstawiają propozycje pytań nauczycielowi, który w razie potrzeby odrzuca niektóre z nich lub proponuje nowe (np. by się nie powtarzały). Uczniowie wybierają 25 pytań, które zostają umieszczone w urnie. Następnie dzielą się na 5 grup, losują 5 pytań z puli i przygotowują odpowiedzi. Zespół, który jest gotowy, zgłasza się i przedstawia rezultaty swojej pracy. Pozostali uczniowie wraz z nauczycielem weryfikują poprawność odpowiedzi.
2. **Praca z mapą myśli pt. „Kierunki ewolucyjne zmian w układzie krążenia kręgowców”.** Uczniowie zapoznają się z materiałem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie, korzystając z generatora w poleceniu nr 2, tworzą własną mapę myśli, uwzględniając powiązania pomiędzy sercem a układem oddechowym.
3. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
 - Jakie zmiany zaszły w układach krwionośnych kręgowców?
 - Jakie kluczowe wydarzenia wpłynęły na zmiany w układzie krwionośnym poszczególnych gromad?
 - Jaki związek mają zmiany w układach krwionośnych ze środowiskiem życia

przedstawicieli omawianych gromad kręgowców?

Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:

- 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
- 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
- 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
- 4) na koniec uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje.

- 4. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie – na podstawie tekstu źródłowego – wskazać po jednym dowodzie, który łączy ssaki z pozostałymi kręgowcami i wskazuje na posiadanie przez kręgowce wspólnego przodka) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 5 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: wymyślają trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 4 oraz 6 i 7 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania mapy myśli:

- Uczniowie zapoznają się z mapą myśli i przygotowują do niej pytania. Następnie zadają je sobie nawzajem, sprawdzając stopień przyswojenia treści.