



Cefalizacja i jej znaczenie ewolucyjne

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



Cefalizacja i jej znaczenie ewolucyjne

Kręgowce, takie jak lampart plamisty (*Panthera pardus*), są zwierzętami o wysokim stopniu cefalizacji. Mają wyraźnie wyodrębnioną głowę, w obrębie której znajdują się narządy zmysłów: oczy, nos, uszy i język. Lamparty należące do rzędu drapieżnych (Carnivora) mają także wibrysy, czyli długie, sztywne dotykowe włosy czuciowe, osadzone na wardze górnej i dolnej oraz na podbródku.

Źródło: designerpoint, Pixabay, domena publiczna.

Cefalizacja jest procesem ewolucyjnym, który prowadzi do rozrastania się przedniej części ciała zwierzęcia i wyodrębniania odcinka głowowego. Odcinek ten, dzięki obecności otworu gębowego, narządów zmysłów i zwojów mózgowych lub mózgowia, specjalizuje się w pobieraniu pokarmu, odbiorze bodźców ze środowiska zewnętrznego i reakcji na nie.

Zwieńczeniem cefalizacji jest **encefalizacja**, czyli ewolucyjny proces powstawania mózgowia. Polega on na koncentracji neuronów w biegunie głowowym i przejmowaniu kontroli przez komórki nerwowe z tej części ciała nad pozostałymi elementami układu nerwowego.

Z niniejszego e-materiału dowiesz się, jakie są zalety cefalizacji oraz jakie jest jej znaczenie ewolucyjne.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest cefalizacja i encefalizacja.
- Opisziesz przebieg cefalizacji u bezkręgowców i kręgowców.
- Przedstawisz tendencje zmian w budowie mózgu kręgowców.
- Wskażesz skutki cefalizacji u zwierząt.

Przeczytaj

Cefalizacja

Wraz z pojawieniem się **dwubocznej symetrii ciała**, u zwierząt rozpoczęła się **cefalizacja**, czyli proces ewolucyjny charakteryzujący się rozszerzaniem i stopniowym rozrastaniem się przedniej części ciała, prowadzącym do wyodrębnienia **głowy**.

Dwuboczna symetria ciała i cefalizacja są przystosowaniem do ukierunkowanej lokomocji związanej z poszukiwaniem pokarmu i ochroną przed drapieżnikami. Przedni biegun ciała jako pierwszy bada otoczenie, dlatego zawiera:

- neurony, które w wyniku **encefalizacji** utworzyły zwoje nerwowe (u prymitywnych organizmów) lub mózgowie (u form wyższych);
- narządy zmysłów;
- otwór gębowy służący do pobierania pokarmu.

Zalety cefalizacji

Dzięki cefalizacji głowa została wyodrębniona od reszty ciała, co miało związek z poruszaniem się do przodu i aktywnym zdobywaniem pożywienia.

Na głowie zostały skoncentrowane komórki nerwowe, które w wyniku encefalizacji utworzyły zwoje nerwowe, a następnie mózgowie. Dzięki encefalizacji doszło do rozwoju mózgowia i ewolucji złożonych systemów neuronowych oraz powstało abstrakcyjne myślenie.

Skoncentrowanie narządów zmysłów w przedniej części ciała pozwoliło skierowanemu do przodu dwubocznie symetrycznemu zwierzęciu na efektywny odbiór bodźców z otoczenia. Umożliwiło to sprawniejsze znalezienie pożywienia, schronienia i partnera do rozrodu, a jednocześnie unikanie drapieżników i innych niebezpieczeństw.

Drapieżniki często używają specjalnych narządów zmysłów znajdujących się w pobliżu otworu gębowego do zbierania informacji o ofierze, kiedy wzrok i słuch są niewystarczające, na przykład:

- Koty mają **wibrysy**, które służą do aktywnego badania przestrzeni w ciemności, a ich ruch jest powiązany ze zmianami kierunku ruchu zwierzęcia i intensyfikuje się, np. gdy dojdzie do znalezienia pożywienia, aby zebrać o nim dodatkowe informacje.
- Rekiny mają na głowie, w okolicach pyska **ampułki Lorenziniego** będące elektrodreceptorami, które służą do elektrolokacji. Tworzą one pory wypełnione galaretowatą substancją. Umożliwiają wykrywanie impulsów elektrycznych, zmian pola magnetycznego, temperatury i zasolenia wody. Ułatwiają lokalizację pożywienia, zagrożenia i pomagają w orientacji w terenie.

Encefalizacja i współczynnik encefalizacji

Encefalizacja jest procesem ewolucyjnym polegającym na skupianiu się neuronów w przedniej części ciała, prowadzącym do powstania zwojów nerwowych i mózgowia.

Ciekawostka

Współczynnik encefalizacji (EQ, ang. *encephalization quotient*) to opracowany przez Harry'ego J. Jerisona współczynnik, który opisuje się wzorem:

$$EG = \frac{\text{masa mózgu [g]}}{0,12 \times (\text{masa ciała [g]})^{0,67}},$$

gdzie 0,12 i 0,67 to wartości stałe.

Współczynnik encefalizacji wskazuje stosunek masy mózgu do masy ciała – określa, ile razy większy lub mniejszy jest mózg danego osobnika od mózgu zwierzęcia o rozmiarach typowych dla tego gatunku.

Współczynnik encefalizacji służy do oszacowania możliwości intelektualnych mózgu danego organizmu, choć uważa się, że nie jest precyzyjnym wskaźnikiem inteligencji i powinien być stosowany wyłącznie w odniesieniu do ssaków.

W poniższej tabeli przedstawiono współczynnik encefalizacji dla wybranych gatunków ssaków.

Gatunek	Współczynnik encefalizacji
Człowiek rozumny	5–8
Kot domowy	1
Pies domowy	1,2

Gatunek	Współczynnik encefalizacji
Butlonos	4,14
Szympanś zwyczajny	2,5–3
Niedźwiedź brunatny	0,82
Owca domowa	0,8
Mysz domowa	0,5
Hipopotam nilowy	0,37

Acefalizacja

Acefalizacja to całkowity brak cefalizacji. Obserwuje się ją u szkarłupni, które nie mają głowy.

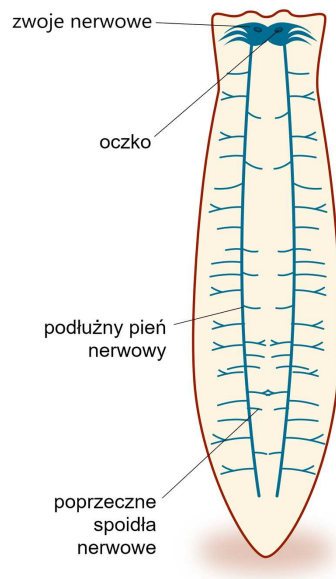
Przykłady cefalizacji u zwierząt

Wyodrębnianie bieguna głowowego rozpoczęło się u wirków (Turbellaria) – wolno żyjących płazińców.

U zwierząt stojących „wyżej” w systemie ewolucyjnym biegun głowowy stał się odpowiedzialny za koordynację ruchów i wyodrębnił się od reszty ciała w postaci odcinka głowowego u pierścienic oraz głowy u stawonogów, mięczaków (z wyjątkiem małży) i kręgowców.

Cefalizacja u płazińców

Zaczątki cefalizacji obserwuje się u wolno żyjących płazińców. W przedniej części ich ciała znajduje się skupienie ciał neuronów, które tworzą parzysty zwój nerwowy. U form wolno żyjących na przedniej stronie ciała występują także oczka – fotoreceptory.



Układ nerwowy wypławka białego (*Dendrocoelum lacteum*).

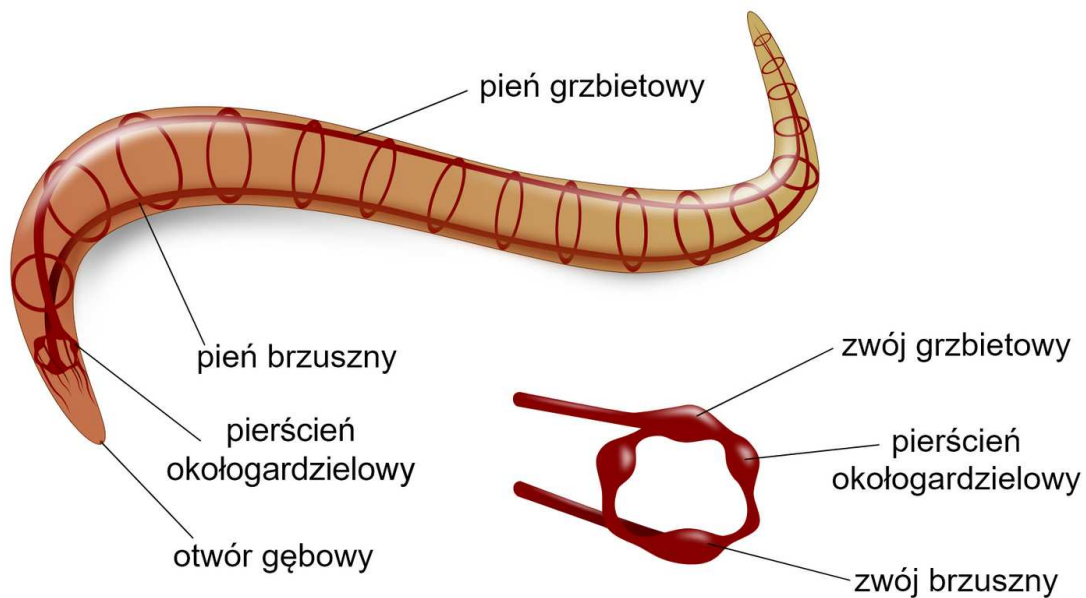
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Cefalizacja u nicieni

Cefalizacja u nicieni jest słabo zaznaczona.

Układ nerwowy nicieni rozpoczyna się pierścieniem okołogardzielowym (obrączką okołogardzielową), w którym wyróżnia się zwój grzbietowy i zwój brzuszny. Są one ze sobą połączone włóknami nerwowymi. Pierścień okołoprzełykowy uczestniczy w koordynacji zachowań nicienia podczas odpowiedzi na bodźce środowiska.

W przedniej części ciała znajduje się także otwór gębowy otoczony wargami, zaopatrzonymi w brodawki zmysłowe.



Układ nerwowy nicieni.

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

U wolno żyjących form morskich nicieni w przedniej części ciała występują oczka.

Cefalizacja u wrotków

U wrotków wyróżnia się **odcinek głowowy**, który jest słabo zaznaczony.

W głowie znajduje się zwój nerwowy i zwój **aparatu wrotnego** oraz kubki wzrokowe, chemoreceptory i mechanoreceptory pełniące funkcje czuciowe.

Cefalizacja u pierścienic

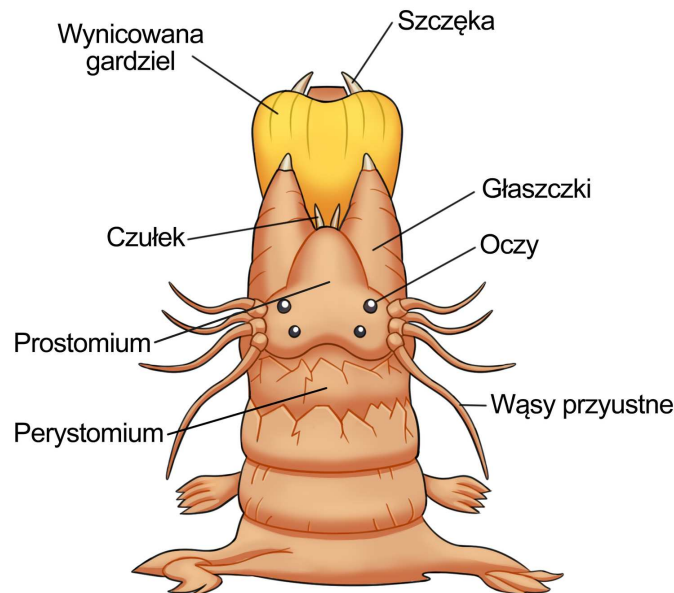
Pierścienice to pierwszy takson bezkręgowców, u którego cefalizacja jest widoczna.

U pierścienic powstaje wyraźnie oddzielony od reszty ciała **odcinek głowowy**, w którym występuje otwór gębowy, a u pijawek dodatkowo przyssawka przednia.

W obrębie odcinka głowowego zlokalizowane są parzyste zwoje nadprzełykowe, od których odchodzą włókna obrączki okołogardzielowej, łączące zwoje nadprzełykowe i podprzełykowe.

W pobliżu zwojów nadprzelykowych u niektórych gatunków znajdują się statocysty.

Wyodrębniony odcinek głowowy najlepiej widoczny jest u wieloszczetów. Składa się on z płata przedgębowego (**prostomium**) i gębowego (peristomium) oraz od jednego do kilku segmentów ciała. Na prostomium znajdują się zazwyczaj czułki i para głaszczek. U niektórych gatunków na prostomium znajdują się także narządy światłoczułe, mające postać prosto zbudowanych oczu. Na peristomium znajduje się otwór gębowy.



Odcinek głowowy wieloszczetów (Polychaeta).

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

Cefalizacja u stawonogów

Cefalizacja u stawonogów jest wyraźnie zaznaczona. Stawonogi to pierwsze zwierzęta, u których została wyodrębniona **głowa**. U skorupiaków i szczękoczułkowców głowa jest połączona z tułowiem, tworząc **głowotułów**, a u tchawkodysznych tworzy osobny odcinek.

W głowie umieszczone są parzyste zwoje nadprzelykowe, obrączka okołoprzelykowa oraz zwój podprzelykowy. U większości stawonogów zachodzi silny rozwój zwojów nadprzelykowych, w wyniku czego powstaje mózg zbudowany z trzech części:

- przodomózgowia, które odpowiada za analizę wzrokową;
- śródmózgowia, związanego z węchem i czuciem dotyku;
- tyłomózgowia, odpowiedzialnego za funkcje wegetatywne.

Ciekawostka

W przedomózgowiu owadów społecznych znajdują się ciała grzybkowate, będące centrami **asocjacyjnymi** owadów.

W obrębie głowy stawonogów znajdują się narządy zmysłów: statocysty, czułki, oczy proste i złożone.

U **skorupiaków** głowotułów zbudowany jest z sześciu zrośniętych segmentów. Każdy z nich zawiera inne narządy zmysłów i **odnóża głowowe**:

- **akron** – fotoreceptory;
- segment 2 – czułki I rzędu;
- segment 3 – czułki II rzędu;
- segment 4 – **żuwaczki**;
- segment 5 – szczęki I rzędu;
- segment 6 – szczęki II rzędu.

Głowotułów **szczękoczułkowców** powstaje w rozwoju zarodkowym przez zlanie się akronu z sześcioma segmentami pozaocznymi. U szczękoczułkowców pierwsze dwa segmenty głowotułowia zawierają:

- segment 1 – **szczękoczułki**;
- segment 2 – **nogogłaszczki**.

Proces cefalizacji u **owadów** jest daleko posunięty. Głowa nie wykazuje segmentacji u postaci dojrzałych. W rozwoju zarodkowym głowa powstaje z sześciu segmentów:

- akron – oczy proste i złożone;
- segment 2 (czołowy, antenalny) – czułki;
- segment 3 (wstawkowy) – bez przysadek;
- segment 4 (żuwaczkowy) – żuwaczki;
- segment 5 (1 pary szczęk) – członowane szczęki 1 pary;
- segment 6 (2 pary szczęk) – członowane szczęki 2 pary.

Wyodrębnienie głowy umożliwiło ewolucję aparatów gębowych przystosowanych do zdobywania i przetwarzania pokarmu.

Cefalizacja u mięczaków

U mięczaków, poza małżami, występuje silnie zaznaczona cefalizacja. Mają one wyraźnie wyodrębnioną głowę, na której znajduje się otwór gębowy. Umieszczone są w niej zwoje nerwowe, w jej obrębie znajdują się narządy zmysłów – oczy i czułki.

U najlepiej uorganizowanych mięczaków w przednim odcinku ciała dochodzi do koncentracji zwojów w jedną masę okołogardzielową, nazywaną w uproszczeniu mózgiem. Szczególnie silnie ten proces zaznaczony jest u głowonogów, które wykazują złożone formy zachowania, przede wszystkim uczenia się.

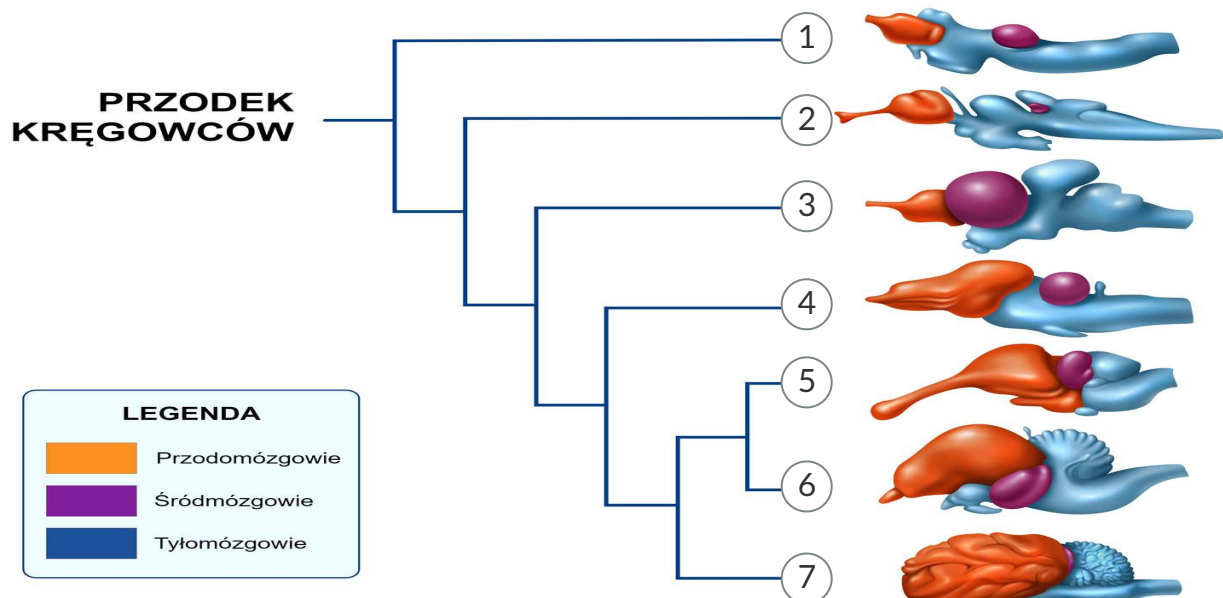
Więcej o głowonogach znajdziesz w e-materiale: [*Progresywne cechy budowy i biologii głowonogów*](#).

Cefalizacja u kręgowców

U kręgowców cefalizacja jest bardzo dobrze zaznaczona. Ich głowa jest mocno rozbudowana.

U kręgowców w życiu zarodkowym powstaje mózgowie złożone z trzech pierwotnych pęcherzyków:

- przodomózgowia;
- śródmózgowia;
- tyłomózgowia.



2

Ryba chrząstnoszkieletowa

3

Ryba kostnoszkieletowa

4

Płaz

5

Gad

6

Ptak

7

Ssak

Ewolucja mózgu kręgowców.

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

Pierwotne pęcherzyki w trakcie rozwoju ulegają podziałowi do pięciu pęcherzyków:

- kresomózgowia;
- międzymózgowia;
- śródmózgowia;
- mózdzku;
- rdzenia przedłużonego.

Ewolucyjną tendencją pięcioczęściowego mózgowia jest zaburzenie linearnego ułożenia kolejnych części. Zanik struktury liniowej zwiększa integrację między częściami mózgowia, co usprawnia koordynację czynności życiowych.

Następuje stopniowe powiększanie się kresomózgowia, które przykrywa pozostałe części mózgu poza mózdzkiem i rdzeniem przedłużonym. Dochodzi także do podziału kresomózgowia na dwie półkule i pofałdowania jego powierzchni w wyniku rozwoju kory mózgowej. Rozwój tej struktury skutkuje zwiększeniem zdolności kojarzenia, analizy, zapamiętywania oraz powstaniem życia społecznego.

Następuje także wzrost rozmiaru mózdzku i komplikacja jego budowy związana z rozwojem koordynacji ruchowej zwierząt.

Ponadto cefalizacja u kręgowców przejawia się silnym rozwojem narządów zmysłów znajdujących się w obrębie głowy: narządu smaku (kubki smakowe rozmieszczone na języku), narządu wzroku (oko), narządu słuchu i równowagi (ucho) i narządu węchu (komórki węchowe w jamie nosowej).

Słownik

acefalizacja

(gr. *kephalé* – głowa) brak wyodrębnienia głowy

akron

(gr. *akros* – czubek, koniuszek) pierwszy, przedgębowy odcinek głowy stawonogów, zawierający przedmózgowie i często oczy

ampułki Lorenziniego

rodzaj elektroreceptorów służących do elektrolokacji; występują u bezszczękowców, ryb chrzęstnoszkieletowych i wielopłetwców; są zdolne do wykrywania różnic potencjałów elektrycznych, zmian pola magnetycznego, zmian temperatury i zasolenia wody; pomagają zwierzęciu w lokalizowaniu zdobyczy, zagrożenia lub partnera

aparat wrotny

aparat położony na szczycie głowy wrotków; jego rzęski poruszają się szybko, napędzając pokarm do otworu gębowego i umożliwiając poruszanie się

asocjacyjny

inaczej: kojarzący, kojarzeniowy

cefalizacja

(gr. *kephalé* – głowa) tendencja ewolucyjna zwierząt dwubocznie symetrycznych (Bilateria), charakteryzująca się rozszerzaniem i stopniowym rozrastaniem się przedniej części ciała, prowadzącym do wyodrębnienia bieguna głowowego, a następnie głowy,

w której znajduje się głowowy zwój układu nerwowego, koncentrują się narządy zmysłów i zlokalizowany jest otwór gębowy

encefalizacja, cerebralizacja

(gr. *enképhalos* – mózg) proces ewolucyjny polegający na koncentracji neuronów w przedniej, głowowej części ciała zwierząt dwubocznie symetrycznych; prowadzi do powstania zwojów mózgowych lub mózgowia; jest związany z cefalizacją

nogogłaszczki

druga para przydatków głowotułowia niektórych stawonogów; służą jako narządy dotykowe i biorą udział w rozdrabnianiu pokarmu

odnóże głowowe

odnóże stawonogów, które pełnią funkcje zmysłowe i budują aparat gębowy

prostomium

(gr. *pro* – przed, *stoma* – usta) przedni, przedgębowy odcinek ciała pierścienic; u wieloszczetów znajdują się na nim oczy, czułki i głaszczki

szczękoczułki

pierwsza para odnóży głowotułowia szczękoczułkowców; służą do walki, zabijania, a także do rozrywania zdobyczy

wibrysy

długie, sztywne dotykowe włosy czuciowe zwierząt

żuwaczki

trzecia para odnóży głowowych niektórych stawonogów; służą do chwytania, rozrywania i rozdrabniania pokarmu



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RNsV4H0MLyxFy>

Cefalizacja i jej znaczenie ewolucyjne.

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

Film pod tytułem "Cefalizacja i jej znaczenie ewolucyjne".

Polecenie 1

Na podstawie wywiadu z ekspertem wyjaśnij, jakie znaczenie ewolucyjne ma proces cefalizacji.

Polecenie 2

Na podstawie wywiadu z ekspertem opisz, na czym polega proces encefalizacji.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.

Cefalizacja to:

- ☐ tendencja ewolucyjna zwierząt promienistych, charakteryzująca się rozszerzaniem i stopniowym rozrastaniem się tylnej części ciała, prowadzącym do wyodrębnienia kończyny dolnej.
- ☐ tendencja ewolucyjna zwierząt dwubocznie symetrycznych, charakteryzująca się rozszerzaniem i stopniowym rozrastaniem się tylnej części ciała, prowadzącym do wyodrębnienia kończyny dolnej.
- ☐ tendencja ewolucyjna zwierząt dwubocznie symetrycznych, charakteryzująca się rozszerzaniem i stopniowym rozrastaniem się przedniej części ciała, prowadzącym do wyodrębnienia głowy, w której znajduje się głowowy zwój układu nerwowego, koncentrują się narządy zmysłów i zlokalizowany jest otwór gębowy.
- ☐ tendencja ewolucyjna zwierząt promienistych, charakteryzująca się rozszerzaniem i stopniowym rozrastaniem się przedniej części ciała, prowadzącym do wyodrębnienia głowy, w której znajduje się głowowy zwój układu nerwowego, koncentrują się narządy zmysłów i zlokalizowany jest otwór gębowy.

Ćwiczenie 2



Zaznacz wszystkie grupy zwierząt, u których występuje cefalizacja.

☐ Ryby

☐ Gady

☐ Szkarłupnie

☐ Nicienie

☐ Płazińce

☐ Pierścienice

☐ Parzydełkowce

☐ Stawonogi

☐ Mięczaki

☐ Gąbki

☐ Ptaki

☐ Ssaki

☐ Płazy

Ćwiczenie 3



Uzupełnij tekst, zaznaczając poprawne elementy.

Dzięki ☐ cefalizacji ☐ encefalizacji ☐ otwór gębowy znajduje się blisko narządów zmysłów i mózgowia. W rezultacie zwierzę może szybko analizować źródła pożywienia. Drapieżniki często używają specjalnych narządów zmysłów znajdujących się w pobliżu ☐ otworu gębowego ☐ ☐ kończyn ☐ . Na przykład koty mają ☐ wibrysy ☐ ☐ ampułki Lorenziniego ☐ , które służą do aktywnego badania przestrzeni w ciemności. Rekiny mają ☐ wibrysy ☐ ☐ ampułki Lorenziniego ☐ , które umożliwiają im wykrywanie zmian w polu elektrycznym generowanym przez skurcze mięśni i procesy fizjologiczne ich potencjalnej ofiary.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij tekst o jednym z typów bezkręgowców.

– pierwszy typ bezkręgowców, u którego cefalizacja jest najbardziej widoczna. Powstaje wyraźnie oddzielony od reszty ciała odcinek głowowy. Cefalizacja najlepiej widoczna jest u . Ich odcinek głowowy jest zbudowany z płata przedgębowego () i gębowego () oraz od jednego do kilku segmentów ciała. Na prostomium znajdują się zazwyczaj . U niektórych gatunków na prostomium znajdują się także . Na peristomium znajduje się .

pęcherzykowatych

statocysty

czułki i para głaszczków

otwór gębowy

para nogogłaszczek

wieloszczetów

mechanoreceptory

skąposzczetów

oczy

Pierścienice

prostomium

Stawonogi

peristomium

wieloszczetów

Ćwiczenie 5



Określ, u których grup zwierząt został wyraźnie wyodrębniony odcinek głowowy lub głowa, a u których go brakuje.

Brak wyodrębnionego odcinka głowowego lub głowy

Kręgowce

Mięczaki (oprócz małży)

Małże

Płazińce

Wrotki

Zaczątki cefalizacji

Nicienie

Stawonogi

Pierścienice

Odcinek głowowy

Głowa

Ćwiczenie 6



Oceń, czy wskazane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Biegun głowowy został utworzony u zwierząt dwubocznie symetrycznych w związku z aktywnym poruszaniem się i stykaniem z bodźcami ze środowiska zewnętrznego.	☐	☐
Encefalizacja to proces, w wyniku którego komórki nerwowe skupiają się w przedniej części ciała, co prowadzi do powstania zwojów mózgowych i mózgowia.	☐	☐
Wyodrębnianie bieguna głowowego rozpoczęło się u pasożytniczych płazińców.	☐	☐
Głowa po raz pierwszy została wyodrębniona u ryb.	☐	☐
Inteligencja jest bezpośrednio skorelowana z wielkością głowy i mózgu.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij związek cefalizacji i encefalizacji z rozwojem szkieletu głowy u głowonogów oraz kręgowców.

Ćwiczenie 8



Uzasadnij ewolucyjne znaczenie cefalizacji, podając dwie płynące z niej korzyści.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Cefalizacja i jej znaczenie ewolucyjne

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.

6) Regulacja nerwowa. Uczeń:

- a) analizuje budowę układu nerwowego zwierząt bezkręgowych, wykazując związek między rozwojem tego układu i złożonością budowy zwierzęcia,
- b) przedstawia tendencje zmian w budowie mózgu kręgowców,

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 cefalizacja i encefalizacja.
- Opisziesz przebieg cefalizacji u bezkręgowców i kręgowców.
- Przedstawisz tendencje zmian w budowie mózgu kręgowców.
- Wskażesz skutki cefalizacji u zwierząt.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

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

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;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Cefalizacja i jej znaczenie ewolucyjne”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i wykonanie ćwiczenia nr 1 (polegającego na wskazaniu poprawnego dokończenia zdania dotyczącego cefalizacji) w sekcji „Sprawdź się”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Prowadzący prosi uczniów, aby zgłosili swoje propozycje pytań do wspomnianego tematu. Jedna osoba może zapisywać je na tablicy. Gdy uczniowie wyczerpią pomysły, a pozostały jakieś ważne kwestie do poruszenia, nauczyciel je dopowiada.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film”).** Uczniowie zapoznają się z filmem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie w parach wykonują polecenie nr 2 (w którym mają za zadanie

wyjaśnić, na czym polega encefalizacja). Wybrane osoby przedstawiają swoją odpowiedź na forum klasy.

2. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy. Każda z nich opracowuje mapę myśli na temat cefalizacji (na podstawie informacji zawartych w e-materiale) u następujących zwierząt:

- grupa I – płazińce, nicienie, wrotki, pierścienice;
- grupa II – stawonogi, mięczaki;
- grupa III – kręgowce.

Grupy prezentują wyniki swojej pracy. Nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 („Wyjaśnij związek cefalizacji i encefalizacji z rozwojem szkieletu głowy u kręgowców oraz u głowonogów”) 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.

4. Nauczyciel wprowadza uczniów w treść ćwiczenia nr 8 („Uzasadnij ewolucyjne znaczenie cefalizacji, podając dwie płynące z niej korzyści”). Uczniowie opracowują je w parach, a następnie porównują swoje rozwiązanie z innym zespołem.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie odpowiadają na pytania sformułowane we wstępnej fazie lekcji.
2. Zalogowany na platformie nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście podsumowuje omówione zagadnienia.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie zapoznają się z multimediami w sekcji „Film” i przygotowują do niego pytania. Następnie zadają je sobie nawzajem, sprawdzając stopień przyswojenia jego treści.