

## Ewolucja układu szkieletowego u kręgowców

Zagadnienie		Ryby	Płazy	Gady	Ptaki	Ssaki
<b>Czaszka</b>	<b>mózgoczaszka</b>	<p>W rozwoju zarodkowym kręgowców tworzą się pod mózgiem dwie pary chrząstek, które rozrastając się na boki i do góry formują osłonę mózgu- puszkę mózgową. Jednocześnie tworzą się chrzęstne osłony narządu słuchu, wzroku i węchu, przrastające do puszeki mózgowej. Dalsza jej ewolucja polega na sukcesywnym rozroście i przekształcaniu chrząstki w tkankę kostną.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* chrzęstna lub kostna</li> <li>* na ogół wydłużona</li> <li>* masywna</li> <li>* bardzo liczne kości, połączone ze sobą ruchomo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* na ogół szeroka, płaska, skostniała</li> <li>* ma ażurową budowę</li> <li>* duże oczodoły</li> <li>* liczba kości mniejsza niż u ryb (zrosty, szwy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* czaszka wyższa i węższa niż u płazów</li> <li>* w znacznym stopniu skostniała</li> <li>* w zależności od położenia oczodołów i dołów skroniowych wyróżniamy 4 typy: <b>anapsydalny</b>- brak dołów (żółwie), <b>diapsydalny</b>- 2 doły (obecne gady), <b>synapsydalny</b>- 1 z boku (wymarli przodkowie ssaków), <b>parapsydalny</b>- 1 z tyłu (wymarłe gady)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* wysklepiona, cienka</li> <li>* kości często lekkie, w znacznym stopniu spneumatyzowane</li> <li>* jednolite sklepienie czaszki (brak szwów)</li> <li>* duże oczodoły</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* mniejsza liczba kości: czołowa, ciemieniowa, skroniowa, klinowa, potyliczna i inne</li> <li>* obecne szwy, łączące kości czaszki w mocną puszkę</li> <li>* znaczna objętość puszeki mózgowej</li> </ul>
	<b>trzewioczaszka</b>	<p>Trzewioczaszka kręgowców zbudowana jest z łuków skrzelowych, które w procesie ewolucji przekształcają się w struktury pełniące dość zróżnicowane funkcje. U ryb pierwsza para łuków przekształca się w szczękę, a druga wytwarza tzw. łuk gnykowo-żuchwowy, łączący szczękę z mózgową częścią czaszki. U ryb chrzęstnoszkieletowych powstaje 5 par łuków skrzelowych, u kostnoszkieletowych tylko 4 pary. U pozostałych kręgowców łuki skrzelowe tworzą szkielet języka, niektóre elementy krtani i tchawicy lub zanikają. Jednocześnie następuje dalsza ewolucja szczęk i łuku gnykowo-żuchwowego. Już u płazów, gadów i ptaków część łuku gnykowo-żuchwowego przekształca się w strzemiączko- kosteczkę słuchową ucha środkowego. U ssaków pozostałe kosteczki słuchowe wyodrębniają się ze szczęk, kowadełko powstaje z kości kwadratowej (część szczęki górnej), a młoteczek z kości stawowej (część szczęki dolnej). W rozwoju ewolucyjnym czaszki kręgowców zauważa się proces kostnienia i ściślejszego łączenia jej elementów oraz wzrost objętości mózgowej części czaszki w stosunku do trzewiowej części czaszki.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* szczęka górna i dolna (żuchwa) wykształcone z 1. łuku skrzelowego</li> <li>* szczęka górna połączona stawem z żuchwą z kością gnykową (często zęby stożkowe)</li> <li>* dalsze łuki (chrzęstne lub kostne) podtrzymują skrzela</li> <li>* wieczko skrzelowe (brak u spodoustych)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* żuchwa na ogół słabo wykształcona, uproszczona, z mózgoczaszką połączona stawowo</li> <li>* szczęka górna łączy się z kością kwadratową żuchwą (bezzębna lub z zębami stożkowatymi)</li> <li>* kość gnykowa tworzy pierwszą kostkę słuchową- strzemiączko</li> <li>* z łuków skrzelowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* szczęka górna zrosnięta z puszką mózgową (żółwie, krokodyle) lub ruchoma (węże)</li> <li>* staw między kością kwadratową szczęki górnej i kością stawową żuchwy (wyjątek węże- rozciągające się więzadło)</li> <li>* kość zębowa ze stożkowymi zębami, płytkami rogowymi lub zębami jadowymi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* kość kwadratowa i stawowa łączy szczękę górną i żuchwę wydłużone w dziób</li> </ul>

			szkielet krtani i tchawicy	* wytworzenie wtórnego, twardego podniebienia u krokodyli, oddzielającego jamę nosową od gębowej		środkowym)
	<b>zęby</b>	* homo- lub heterodontyczne * często brak	* na krawędzi szczęk * u żab tylko w szczęce górnej * brak u ropuch	* homodontyczne * na krawędziach szczęk * brak u żółwi	* brak	* heterodontyczne * osadzone w zębodołach w szczęce górnej i dolnej * różne zestawienia ze względu na rodzaj pokarmu, zęby mleczne i ostateczne
	<b>połączenie z kręgosłupem</b>	* połączenie nieruchome	* 2 kłykiec potyliczne * ruchomość ograniczona	* 1 kłykiec potyliczny * połączenie ruchome	* 1 kłykiec potyliczny * połączenie ruchome	* 2 kłykiec potyliczne * połączenie ruchome
	<b>Odcinki kręgosłupa</b>	Ryby mają kręgosłup zróżnicowany na dwa odcinki: część tułowiową, od której odchodzą żebra, oraz część ogonową. U pozostałych zwierząt wyróżnia się 4 (płazy) lub 5 odcinków: <b>szyjny, piersiowy, lędźwiowy, krzyżowy, ogonowy</b> . Wraz z rozwojem kręgosłupa wykształca się klatka piersiowa, ukształtowana już u większości gadów.				
		* <b>tułowiowy</b> * <b>ogonowy</b> * liczba wszystkich kręgów: od 14 do 400, wahania liczby kręgów w obrębie gatunku * zachowanie struny grzbietowej u ryb kostołuskich i dwudysznych: prapłetwiec, prapłaziec	* <b>szyjny (1: dźwigacz)</b> * <b>tułowiowy (od 7 do ok. 50)</b> * <b>krzyżowy (1)</b> * <b>ogonowy (do 100)</b> lub kość ogonowa (urostyl) u bezogonowych	* <b>szyjny (8: dźwigacz, obrotnik i 6 innych)</b> * <b>piersiowo-lędźwiowy (12)</b> * <b>krzyżowy (2)</b> * <b>ogonowy</b> (zmienna liczna kręgów)	* <b>szyjny (9-25)</b> - długi, kręgi ruchomo połączone * <b>piersiowy (3-10)</b> - zrośnięte kręgi, żebra z haczykowatymi wyrostkami, mostek z szerokim grzebieniem (zaczep mięśni skrzydeł) * <b>lędźwiowo-krzyżowy (9-22)</b> - zrośnięty w kość krzyżową * <b>ogonowy</b> - redukcja ogona (6 + kostka ogonowa tzw. pygostyl) * brak struny grzbietowej	* <b>szyjny (7, u leniwców i syren wyjątkowo 6-10, 2 pierwsze kręgi: dźwigacz i obrotnik)</b> * <b>piersiowy (12-25)</b> * <b>lędźwiowy (2-9)</b> - najruchliwszy * <b>krzyżowy (3-13)</b> - zrośnięty w kość krzyżową * <b>ogonowy (3-49)</b>
	<b>Żebra</b>	* liczne, obecne w części tułowiowej * prócz żeber w mioseptach obecne są ości	* bardzo krótkie, nie sięgają mostka * u beznogich brak	* obecna klatka piersiowa: żebra i mostek * niekiedy „żebra” brzuszne (gastralia)	* klatka piersiowa: kręgi piersiowe + żebra z wyrostkami + mostek z grzebieniem	* klatka piersiowa: żebra + mostek
<b>Szkielet obręczy kończyn</b>		U ryb obręcz barkowa zbudowana jest z łopatek, obojczyków, kości kruczych oraz kości skoblowych, za pomocą których łączy się z mózgową czaszką. U pozostałych kręgowców obręcz barkowa traci kontakt z mózgową częścią czaszki, a za pomocą mięśni powiązana jest z kręgosłupem. Zanikły w niej kości skoblowe, a u większości ssaków także kości krucze i obojczyki. Obręcz miednicowa ryb jest luźno ułożona w mięśniach brzusznych i składa się z pojedynczej chrząstki lub kości. Obręcze miednicowe pozostałych kręgowców łączą się z częścią krzyżową kręgosłupa i składają się z kości biodrowych, kulszowych i tonowych.				
	<b>obręcz barkowa</b>	* łopatki * obojczyki * kości krucze	* łopatki * obojczyki * silne kości krucze	* łopatki, nadłopatki * obojczyki * potężne kości krucze	* łopatki (wolne, długie, szablowatego kształtu) * obojczyki (zrośnięte)	* łopatki * obojczyki tylko u zwierząt o lotnych lub

	* kości skoblowe (zrośnięte z czaszką) * obręcz barkowa zrośnięta z mózgowczaszką	(u bezogonowych) * często kości skoblowe * obręcz barkowa połączona mięśniami z kręgosłupem	* u gadów beznogich redukcja obręczy * obręcz barkowa połączona mięśniami z kręgosłupem	na kształt litery V) * silne kości krucze * obręcz barkowa silnie związana z mostkiem, unieruchomiona	chwytnych kończynach * u stekowców kości krucze * obręcz barkowa zwykle połączona z mostkiem przez obojczyk
<b>obręcz miedniczna</b>	* 2 zrośnięte kości bezimienne * obręcz nie związana z kręgosłupem * wykształcona słabiej niż obręcz barkowa	* zrośnięte kości: biodrowe, łonowe, kulszowe * obręcz połączona z kręgosłupem pierwszym kręgiem krzyżowym	* 2 kości bezimienne powstałe ze zrośnięcia kości: biodrowych, łonowych, kulszowych * jest mocno połączona z kręgosłupem drugim kręgiem krzyżowym * u gadów beznogich redukcja obręczy	* otwarta od dołu * utworzona przez kości: biodrowe, łonowe, kulszowe * zrośnięta z kręgami krzyżowymi	* zrośnięte ze sobą kości: biodrowe, łonowe, kulszowe łączą się w dwie kości miedniczne * kości miedniczne razem z kością krzyżową tworzą miednicę związaną z kręgosłupem
Ze szkieletem obręczy stawowo połączone są płetwy piersiowe i brzuszne ryb oraz kończyny kręgowców czworonożnych. Szkielet płetw ryb współczesnych zbudowany jest z elementów chrzęstnych lub kostnych stanowiących podstawę płetwy. Układ kości w szkielecie kończyn pozostałych kręgowców zachowuje ten sam plan budowy (pojedyncza część nasadowa, podwójna część pośrednicząca oraz zróżnicowana część wolna) i jest zbliżony do szkieletu trzonów płetw ryb trzonopłetwych. Całe kończyny i jednocześnie ich szkielety ulegają licznym modyfikacjom, co umożliwia różnorodność trybu życia kręgowców. Zmiany w budowie szkieletu kończyn polegają na rozroście lub redukcji poszczególnych elementów szkieletu. Niektóre kręgowce całkowicie utraciły kończyny, np.: płazy beznogie, niektóre jaszczurki, węże, niektóre ssaki.					
<b>kończyna przednia</b>	* promienie płetw piersiowych: zbudowane z elastoidyny (substancja białkowa) u chrzęstnych, kostne u pozostałych ryb * ryby trzonopłetwe - promienie płetw parzystych osadzone na trzonkowatych wyrostkach kostnych	* kość ramieniowa * kość przedramieniowa (kość łokciowa zrośnięta z kością promieniową, wyjątek: płazy ogoniaste) * kości ręki: nadgarstka, śródreżcza, czterech palców * <b>boczne osadzenie kończyn</b>	* <b>kości ręki</b> : kości palców, kości śródreżcza, kości nadgarstka * <b>kości przedramienia</b> : kość promieniowa, kość łokciowa * <b>kość ramieniowa</b>	* <b>boczne osadzenie kończyn</b> * zanik kończyn u gadów beznogich: węży i niektórych padalców	* <b>podporowe osadzenie kończyn</b> * przeksztalcona w skrzydło * modyfikacja kości ręki * redukcja kości palców
<b>kończyna tylna</b>	* promienie płetw brzusznych: rogowe u spodoustych, kostne u pozostałych ryb	* kość udowa * kość podudzia (kość goleniowa zrośnięta z kością strzałkową, wyjątek: płazy ogoniaste) * kości stopy: nastopka (stępu), śródstopia, pięciu palców * <b>boczne osadzenie kończyn</b>	* <b>kości stopy</b> : kości palców, kości śródstopia, kości nastopka (stępu) * <b>kości podudzia</b> : kość goleniowa, kość strzałkowa * <b>kość udowa</b>	* <b>boczne osadzenie kończyn</b> * zanik kończyn u gadów beznogich	* <b>podporowe osadzenie kończyn</b> * redukcja liczby palców do 4, rzadziej do 3 lub 2 * kości śródstopia i stępu zrośnięte w kość skokową
					* <b>podporowe osadzenie kończyn</b> * liczne modyfikacje, m. in. redukcje liczby palców i ich członków (u waleni odwrotnie - zwiększenie liczby członków niektórych palców)
					* <b>podporowe osadzenie kończyn</b> * modyfikacje kończyn: kroczone (stopochodne, palcochodne), lotne, pływne, grzebne, skoczne, chwytnie