

VERTEBRADOS

CARACTERÍSTICAS GERAIS:

- **FORMA:** SÃO ZOOS BILATÉRIOS COM O CORPO DIVIDIDO EM CABEÇA, TRONCO, CAUDA E EXTREMIDADES ÍMPARES E PARES;

- **TEGUMENTO:** É FORMADO POR DUAS CAMADAS:

1. **DERME** : NATUREZA CONJUNTIVA;
2. **EPIDERME** : EPITÉLIO ESTRATIFICADO, COM VÁRIOS ANEXOS (GLÂNDULAS, PENAS, ESCAMAS, PÊLOS).

- **ESQUELETO:**

1. **CARTILAGINOSO** NOS INFERIORES;
2. **ÓSSEO** NAS SPP MAIS EVOLUÍDAS, COM FUNÇÃO DE SUSTENTAR O CORPO E PROTEGER VÁRIOS ÓRGÃOS.

- **MUSCULATURA:** FORMADA POR MÚSCULOS LISOS (VÍSCERAS) E **ESTRIADO**; EM CONJUNTO COM O ESQUELETO CONSTITUEM O APARELHO LOCOMOTOR.

- **SISTEMA DIGESTIVO:** COMPLETO

BOCA ⇒ FARINGE ⇒ ESÔFAGO ⇒ ESTÔMAGO ⇒
INTESTINO ⇒ TERMINANDO EM ÂNUS OU CLOACA;
GLÂNDULAS ANEXAS: SALIVARES, FÍGADO,
PÂNCREAS.

- **RESPIRAÇÃO:** BRANQUIAL OU PULMONAR; FENDAS BRANQUIAIS PRESENTES PELO MENOS NA FASE EMBRIONÁRIA.

- **CIRCULAÇÃO:** FECHADA. SEMPRE HÁ 1 CORAÇÃO COM 2 OU MAIS CAVIDADES, PODENDO SER SIMPLES OU DUPLA.

SANGUE COM **HEMÁCIAS** E PIGMENTO DE HEMOGLOBINA.

- **EXCREÇÃO:** FEITA POR RINS - PRONEFROS
- MESONEFROS
- METANEFROS

- **SISTEMA NERVOSO:** CENTRAL COM ENCÉFALO E
MEDULA RAQUIDIANA COM ÓRGÃOS SENSORIAIS
ESPECIALIZADOS.

-**REPRODUÇÃO:** DIÓICOS (MONÓICOS); FEC.
INTERNA OU EXTERNA; DESENVOLV. DIRETO OU
INDIRETO.

Teorias sobre a origem dos vertebrados:

Garstang (1894-1928) - é a mais clássica e a mais aceita. Uma larva de tunicados teria originado os vertebrados devido a uma falha em sua metamorfose. Essa falha é conhecida como pedomorfose (fenômeno em que organismos adultos retêm caracteres larvais). Esse fenômeno ocorre por dois motivos: neotenia, onde o adulto retém caracteres larvais e pedogênese, onde a larva possui caracteres do adulto, pode inclusive se reproduzir.

Schaeffer (1987) - os vertebrados teriam sido irmãos dos anfioxos, devido ao seu padrão de musculatura e porque a nadadeira dos anfioxos seria homóloga a nadadeira dos primeiros vertebrados.

Northcutt & Gans (1983) - levam em conta a característica ecológica, como por exemplo o fato dos Chordatas filtradores pertencerem a um mesmo grupo e os vertebrados serem predadores.

Loutrup (1977) - pegou grupos diferentes e fez análises bioquímicas e histológicas e através de comparações ele concluiu que os moluscos teriam originado Cephalochordatas e Vertebratas.

Jeffries (1986) - analisou fósseis de Echinodermatas ao qual deu o nome de Calcichordata, e distinguiu um grupo que para ele havia características de Chordatas, dando origem a estes; e três espécies de Calcichordatas diferentes deram origem aos vertebrados.

Sub-filo Vertebrata

Os vertebrados ancestrais possuíam crânio, coração, circulação fechada, vértebras, musculatura em septos (miótomos) e reprodução externa; os organismos que antes eram filtradores, adquiriram outro sistema de captação de alimento iniciando uma predação; inicialmente sésseis, dotam-se de maior motilidade; aumenta a percepção do ambiente com o desenvolvimento do sistema sensorial que resultou em mudanças estratégicas na vida dos vertebrados.

Padrões morfo-funcionais em vertebrados - apresentam a formação de um crânio; formação de um encéfalo dividido em próencéfalo, mesencéfalo e rombencéfalo (posteriormente se dividirão em 5 partes); epitélio pluriestratificado; coração dividido em cavidades; substituição da notocorda (estrutura de sustentação) por tecido cartilaginoso, tecido ósseo ou tecido cartilaginoso calcificado.

Tegumento - formado por duas camadas, epiderme e derme que servem para proteção (choques mecânicos e contra substâncias químicas), sensorial (leva a informação para o interior, vários receptores tácteis), manutenção do equilíbrio interno (homeostase = balanço iônico no sangue, homeotermia = temperatura e balanço hídrico), comunicação através de cores denominadas: obliterativa - perda da tridimensão para o predador, disruptiva - perda do contorno, forma, aposimática - alerta e defesa em forma de cores(vermelho, amarelo, preto), sexual - chamativa, sazonal - estação do ano. A epiderme possui células germinativas e células glandulares produtoras de muco e proteínas (queratina); a derme é formada por tecido conjuntivo, células nervosas, células pigmentares com melanina (cromatóforos), o esqueleto dérmico se origina da derme (ex.: escamas e casco da tartaruga).

A mudança de cor é chamada morfológica quando está relacionada às variações temporais de clima ou fisiológica quando independem de variações climáticas e acontecem rapidamente quando sob o controle do sistema nervoso (ex.: coloração relacionada com a reprodução, adquirida lentamente durante a maturação gonadal).

O tegumento de todos os vertebrados é formado por epiderme, camada pluriestratificada mais externa composta por células predominantemente glandulares (mucosas e serosas ou proteináceas). Estas células tem origem em um estrato germinativo mais interno e a medida que se dividem são empurradas para a superfície formando camadas, sendo as mais externas, células mortas, que sofrem esfoliamento periódico (estrato córneo). A epiderme produz de modo geral tipos diferentes de mucos secreções venosas, urticantes, esmaltes e fotóforos (células produtoras de luz) e principalmente queratina que faz parte do estrato mais externo (material córneo que forma pêlos, penas, garras, escamas de répteis). A derme é a camada de células situadas abaixo da epiderme composta por células em forma de fibras principalmente colágenas e elásticas em tecido conjuntivo; origina ossos dérmicos, escamas de peixes, cromatóforos (células pigmentares) e contém grande número de células nervosas e acúmulos de tecido adiposo.

Esqueleto - responsável pela manutenção da forma corpórea e proteção de órgãos internos. Notocorda formada por tecido conjuntivo fibroso envolvendo fibras gelatinosas que no conjunto formam um bastão flexível e inquebrável. A estrutura de sustentação que pode ser substituída por cartilagem que é um tecido formado por condrócitos e osso que é um tecido formado a partir de células chamadas osteoblastos que após serem impregnadas com sais de cálcio formam os osteócitos; exoesqueleto - denominação às estruturas de origem dérmicas ou epidérmicas que se concentram na superfície do corpo (escamas de peixes, répteis, ossos dérmicos de tartarugas); endoesqueleto compreende estruturas internas de sustentação denominadas como esqueleto somático axial (composto por estruturas que formam a linha longitudinal do corpo: crânio e coluna vertebral), esqueleto somático apendicular (estruturas acessórias: cinturas escapular e pélvica, membros pares e esterno), esqueleto visceral (elementos de sustentação relacionados às brânquias e posteriormente às maxila e mandíbula - arcos branquiais).

Musculatura - relacionada a promoção de movimentos de estruturas gerais, podendo ser somática axial (músculos do tronco e cauda) e somática apendicular (músculos dos membros e cinturas), encontramos a musculatura visceral que compreende os músculos branquiais (musculatura estriada) e a musculatura que compõem órgãos internos (musculatura lisa), além da musculatura cardíaca que é uma musculatura especial que compõe o coração, com padrão de contração intrínseca chamada "marcapasso". Ligamento = tecido conjuntivo fibroso que liga músculo e osso).

Sistema digestório - tem como função tornar o alimento capaz de ser distribuído e ingerido por todas as células do corpo. Para a captação de alimento possuem boca e estruturas especializadas, com função de estocagem encontra-se o estômago e papo, tratamento mecânico (estômagos e moela), redução química (intestino), absorção (intestinos - sangue), reabsorção de água e eliminação de resíduos (intestino, reto e ânus). Órgãos anexos temos o fígado que é um órgão padrão nos

vertebrados com função relacionada a digestão (produção de bile, depósito de carboidratos, gorduras e vitaminas, metaboliza proteínas em carboidratos e lipídios com a liberação de resíduos nitrogenados, elaboração de vitelo e substâncias coagulantes, promove a remoção de células sanguíneas) e o pâncreas, responsável pela produção de enzimas digestivas que formam o suco pancreático, secreção de insulina e glucagon.

Trocas gasosas - como função principal temos a absorção de oxigênio e eliminação de gás carbônico, a respiração pode ser cutânea com grande vascularização superficial (água ou ambientes úmidos), branquial com faringe perfurada com bolsas filamentosas muito vascularizadas e fendas externas (água doce e salgada, animais aquáticos), respiração pulmonar (para animais terrestres aéreos ou alguns marinhos como Cetáceos), formação de um pulmão por envaginação ventral da faringe.

Circulação - responsável pelo transporte de gases, nutrientes, íons, hormônios, excretas nitrogenados, células imunológicas e equilíbrio interno; o sangue é formado por uma parte líquida (plasma) e elementos figurados (eritrócitos - transporte de gases, leucócitos - função imunológica e plaquetas - coagulação). A nível de vasos encontram-se artérias (com musculatura resistente e grossa), veias (musculatura fina auxiliada por válvulas) e capilares (paredes muito finas e vacuolizadas, diâmetro suficiente apenas para passagem de uma célula). O coração é um vaso diferenciado composto por 2,3 ou 4 cavidades. Sistema é sempre fechado, isto é, o sangue não sai de um circuito de vasos. Esta característica garante, devido à ação da musculatura das paredes destes vasos, a manutenção de um fluxo sanguíneo rápido.

Excreção - em termos de desenvolvimento e origem, as estruturas excretoras e aquelas que estão relacionadas ao processo de reprodução, estão muito relacionadas, estas últimas podendo, com a maturação, se apropriar de parte das estruturas excretoras para suas funções (ex.: ductos espermáticos). Tem como finalidade filtrar e retirar do sangue os excretas nitrogenados e liberá-los para o ambiente; o rim é regionalmente diferenciado em três partes que são mais funcionais dependendo do estágio de vida do organismo ou do grupo animal, a unidade básica que compõe o rim são o néfron (glomérulo filtrador de substâncias nitrogenadas do sangue + tubos contornados onde há reabsorção de água de volta para a circulação..

prónéfron - rim embrionário funcional e localizado na região antero-dorsal da cavidade abdominal.

mesonéfron - rim mediano e dorsal na cavidade abdominal sendo de importante função nos peixes e anfíbios.

opistonéfron - rim mais posterior e dorsal sendo de importante função nos répteis, aves e mamíferos.

Em vertebrados outras estruturas também podem assumir funções excretoras, ou relacionadas ao equilíbrio iônico, ex.: brânquias ou superfícies tegumentares expostas. Bexigas urinárias podem existir como reservatórios, porém representam um caracter padrão.

Reprodução - grande variedade de formas estruturais e diferenças relacionadas ao desenvolvimento de dutos, ovidutos, úteros e canais. Gônadas pares ou não, únicas ou duplas, com maturação regional, total, exteriorizada ou interiorizada. Sem padrão definido.

sistema nervoso e sensorial - coordenação de funções vitais orgânicas, promove respostas do organismo aos estímulos externos, têm como unidade básica os neurônios. O sistema nervoso central é formado por encéfalo e medula, e o sistema nervoso periférico é formado por nervos e gânglios. Como divisões vão apresentar vesículas primárias e embrionárias que dão origem às novas regiões (proscéfalo - formará o telencéfalo e diencéfalo, mesencéfalo - permanecerá, rombencéfalo - formará o metencéfalo e mielencéfalo). Como vesículas originadas vão apresentar posteriormente: Telencéfalo - formado pelo bulbo olfativo anterior, corpo estriado ventral e córtex (importante para aves/ mamíferos como grande centro coordenador de respostas motoras); Diencéfalo - relacionado aos tálamos/ epitálamo e hipotálamo (equilíbrio interno - temperatura); Mesencéfalo - lobos ópticos (importante para peixes/ anfíbios e répteis); Metencéfalo - relacionado aos centros do cerebelo (posicionamento/ equilíbrio, comportamentos/ movimentos); Mielencéfalo - bulbo, entrada e saída de nervos cranianos com ligação da medula espinhal).

Os órgãos sensoriais tem como função levar ao centro coordenador as informações externas, formado por quimiorreceptores (botões gustativos e olfativos); mecanorreceptores - tato (propioceptores, linha lateral - importante para animais aquáticos, ouvido - complexidade seguiu a linha evolutiva); fotorreceptores - eletromagnéticos (olho - esclerótica dá forma e limite ao olho, córnea é a parte transparente da esclerótica - primeira lente, cristalino - segunda lente, coróide responsável pela pigmentação, retina possui células sensoriais como os cones e bastonetes / glândula pineal - percepção de estímulos luminosos como o comprimento de dia e noite).

Filo Chordata

Subfilo Vertebrata

Super Classe Agnatha

Super Classe Gnathostomata

Sub Classe Holocephalii

Sub Classe Elasmobranchii

Super Classe Agnatha

Nesta classe estão contidos três grupos: + Ostracodermi, Cl. Myxini e Cl. Cephalaspidomorphi.

+ Ostracodermi - são fósseis de Agnatha, já estavam extintos quando surgiram os Agnathas atuais, ou seja não os originaram. Apresentam como principal característica a ausência de mandíbulas e maxilas, ausência de nadadeiras pares, ausência de cintura (escapular, pélvica), permanência de notocorda, boca de estratégia alimentar sugadora com forma +/- circular. Vão apresentar cobertura de escudos dérmicos compostos por tecido ósseo, esta carapaça protege contra a predação de outros organismos, além do material ósseo servir de material calcário. A boca circular serve para comer pequenos depósitos, possuem pequena farínge perfurada como estrutura de captação de material filtrado.

Quatro morfo tipos diferenciados reúne quatro tipos com escudos ósseos. Origem entre +/- 400 milhões de anos.

Classe Myxini - nesta classe encontram-se as feiticeiras.

Classe Cephalaspidomorphi - nesta classe encontram-se as lampréias.

Lampréias - 20 a 25 sp

Ambiente - animais marinhos quando adultos, na época de reprodução retornam para águas continentais com correntes (água doce). A larva permanece em águas continentais, é uma espécie anádroma.

As lampréias adultas permanecem próximas a costa onde nasceram e em pequenas profundidades (regiões costeiras temperadas). Os ovos são depositados em salinidades menores que a água do mar, o período larval leva de 3 a 7 anos, onde em sua metamorfose para a fase adulta sofre uma osmoregulação para a salinidade marítma, já as lampréias adultas não sofrem, morrendo após a desova.

Hábitos de vida - são parasitas de cetáceos e peixes sem escama.

Forma do corpo - cilíndricos e fusiformes, formato anguilliforme, algumas nadadeiras relacionadas com a região + caudal, nadadeiras axiais ou longitudinais (nunca pares).

Tegumento - formada por uma camada pluriestratificada de epiderme, com grande quantidade de glândulas, com pequena formação de muco. A derme é formada por tecido colágeno.

Esqueleto - Com permanência de notocorda, algumas espécies foram descritas com início de formação de vértebras, vão apresentar um tecido cartilaginoso envolvendo o encéfalo (formação cranial), e fazendo a sustentação da região oral, existe uma treliça na região das brânquias formada por cartilagem (bolsas branquiais).

Musculatura - Apresentam um sistema de tecido conjuntivo com base para as fibras musculares, é uma musculatura longitudinal. Possuem feixes relacionados com a língua cartilaginosa que são feixes adaptados para musculatura anterior. Os miótomos formados por miômeros (tecido muscular) e mioseptos (tecido conjuntivo), apresentam metameria (estrutura que se mantém ao longo do corpo).

Estratégias alimentares - boca com dentes e língua cartilaginosa para perfurar e sugar o sangue da presa, enquanto a lampréia esta enroscada no alimento para que não fuja; são ectoparasitas se fixando na presa por uma diferença de pressão (funil).

Sistema digestório - boca + dentes formam um funil, o tubo digestivo é linear sem formação de estômago, apresenta a formação de uma glândula digestiva (pré-fígado) não existindo pâncreas. A larva (Amocete) possui faringe filtradora.

Trocas gasosas - farínge perfurada, formação de sete pares de fendas branquiais; quando está parasitando ela pode reverter o fluxo de água através da diferenciação de pressão dentro das bolsas feita pela musculatura, a água passa a entrar pela bolsa e por movimentos musculares a bolsa branquial é empurrada causando um influxo por gradiente de pressão, com isso a água banha a brânquia e volta pela mesma entrada.

Circulação - formação de um coração sistêmico, engrossamento de um vaso, fluxo mais rápido, formação de uma musculatura lisa e miocárdio; bomba cardíaca localizada na região ventral, possui relação com o sistema nervoso autônomo que pode controlar seu batimento cardíaco em determinada situação.

Sistema nervoso e sensorial - vão apresentar um encéfalo (massa anterior ao tubo nervoso) com 3 regiões pouco diferenciadas relacionadas a bulbos olfativos extremamente grande; com relação aos nervos medulares e cranianos (12 pares) com desenvolvimento relacionado a região anterior. Possui dois grandes olhos rudimentares cobertos por epiderme com cristalino fixo, os músculos extrínsecos modificam a curvatura ou forma do olho, não possuem movimento de diafragma da pupila (não consegue diminuir ou aumentar a luz que entra nos olhos; apresentam narina como única entrada na região anterior (muito pequena e fechada), a água sai por onde entra, totalmente olfativa; possuem na região bucal botões gustativos (conjunto de células ciliadas quimiosensoriais na papila relacionadas a substâncias químicas do alimento; apresentam linha lateral rudimentar relacionada ao sistema sensorial; o sistema nervoso autônomo que controla o número de batimentos cardíacos.

Reprodução - as lampréias quando adultas encontram-se em regiões oceânicas, assim que maturam, migram para rios e lagos onde nasceram com grande gasto energético, durante esta migração ocorre o encontro dos casais que vão formando ligações, encontram o local apropriado e constroem os ninhos com pedras trazidas pela boca, em lugares com correnteza criam barreira com as pedras para que não haja circulação forte, porém deve existir uma circulação mediana para renovação de água para os ovos. Seu comportamento de cópula consiste na fixação com a boca (funil) em pedras e rochas ondulando o corpo estimulando o respectivo parceiro, liberam os gametas nos ninhos. Este ritual é extremamente exaustivo resultando na morte da fêmea logo após a liberação dos gametas e os machos morrem 2 ou 3 dias depois. Fecundação é externa, dos ovos eclodem os Amocetes, que apresentam forma diferenciada da lampréia adulta, o período larval é longo, durando de 3 a 7 anos no rio mudando-se para águas salgadas durante o período de metamorfose.

Feiticeiras - 25 a 30 sp

Ambiente - marinhos de grandes profundidades (bentônicos, demersais), se limitam a regiões onde encontram quantidade de sedimentos rochosos, vivem em tocas semi enterrados a profundidades maiores de 500 metros.

Hábitos de vida - alimentam-se de pequenos crustáceos ou animais debilitados.

Tegumento - formado por uma camada pluriestratificada de epiderme com grande quantidade de glândulas serosas e mucosas que produzem um muco protetor formando uma bolsa protetora. A derme é formada por tecido colágeno. Quando atacados, o predador morde o muco resultando em sua morte, pois o muco chega a cobrir as brânquias asfixiando o animal.

Esqueleto - sem escamas com notocorda e primeiras estruturas cartilaginosas (língua).

Musculatura - igual a das lampréias.

Estratégias alimentares - boca rodeada por tentáculos que prendem o alimento envolvido por muco (auxiliado por tentáculos cartilaginosos). Ingerem alimentos moles, as feiticeiras são oportunistas entrando por brânquias ou ânus de peixes debilitados (já no fundo) alimentando-se das vísceras por sucção.

Sistema digestório - possuem dentes internos, tubo digestivo linear reto sem formação de bolsa (espécie de estômago), não apresenta pâncreas nem estômago.

Trocas gasosas - com faringe perfurada e formação de brânquias dentro das bolsas (perfurações), número de brânquias igual ao número de perfurações da fenda branquial, cerca de 5 a 15 fendas, a água entra pela narina e pela boca.

Circulação - coração ventral com engrossamento da parede (músculo liso com miocárdio) dando maior vazão para a região anterior, voltando para uma região mais ventral; a circulação é fechada. Tem-se a formação de aorta que se abre em oito arcos aórticos, veias em padrão único de vertebrados. Regiões que são pseudo-coração (+/_7) série de espessamento na região caudal. Sistema fechado.

Sistema nervoso e sensorial - apresentam pequenos olhos cobertos por epiderme bastante rudimentares com o cristalino fixo e sem movimento do diafragma da pupila, não conseguindo aumentar nem diminuir a intensidade de luz que entra no olho, sendo a estrutura movimentada por músculos extrínsecos que modificam a curvatura do olho. Possuem uma narina aberta para a faringe para informação olfativa da água, como para a entrada da mesma para as brânquias.

Reprodução - muito pouco se sabe, são animais dióicos com gônadas muito simples, esta gônada é diferenciada nas espécies vivíparas onde guarda os ovos dentro desta gônada ou dentro da cavidade celomática do corpo (tem que possuir alguma forma de fecundação interna), alguns machos podem apresentar forma peniana, porém é incomum. Nas espécies ovíparas machos e fêmeas liberam seus gametas, ovos dão origem a pequenos jovens (sem formas larvais).

Super Classe Gnathostomata

Vão apresentar maxilas e mandíbulas, nadadeiras pares. Os dois primeiros arcos branquiais de um grupo com várias estruturas branquiais, antes usados para filtração (trocas gasosas) e relacionados a captura de alimento, migraram para frente originando maxila e mandíbula.

O primeiro arco branquial originou a maxila, o segundo a mandíbula e um terceiro arco originou a hialomandíbula, que além de servir como brânquia, serve como sustentação das estruturas bucais ligando-as ao crânio, condição esta denominada como hiostilia.

Em termos de adaptação, trouxe ao grupo uma grande facilidade de se alimentar, capturar o alimento e tendo capacidade de predação, com um comportamento diferenciado influenciando e estimulando outros organismos, capacidade para carregar pedras e formar ninhos, etc. Com aparecimento de nadadeiras pares sem se saber ao certo a origem por não possuírem ossos internos, e por ser formada por cartilagem calcificada segurada por cinturas adquiriram melhor locomoção e rapidez, se inovando de movimentos como arfagem (para cima e para baixo), guinada (movimento de um lado para o outro com auxílio das nadadeiras) e balanço (rotação), aumentando a facilidade de predação e se locomovendo em maiores distâncias, invadiram todas as áreas, se distribuindo e melhorando suas adaptações, se

alimentando possivelmente de todos os Agnathas antigos (pois os atuais se sobrepuseram a estas condições afirmando um sucesso evolutivo).

Sistemática - compreendem quatro classes que surgiram todas ao mesmo tempo, no período Siluriano.

Super Classe Gnathostomata
Classe Placodermi +
Classe Chondrichthyes
Classe Acanthodi +
Classe Osteichthyies

+ Classe Placodermi - são os primeiros registros fósseis de Gnathostomata com características semelhantes aos Ostracodermi por possuírem placas ósseas no corpo. Muitos registros em água doce e com as facilidades que adquiriram de locomoção encontraram-se registros marinhos. As placas ósseas servem principalmente como depósito de cálcio metabolizado. Os Placodermi eram animais grandes e pesados apresentando mandíbulas e maxilas, placas ósseas, nadadeiras pares, manutenção da notocorda, formação inicial das estruturas internas sejam elas cartilagenosas ou ósseas (com objetivo de formar o endoesqueleto) e a presença de uma estrutura existente nos peixes até os dias atuais, a bexiga natatória.

Classe Chondrichthyes

Subclasse Olocephaly - peixes de alta profundidade (quimeras, peixe - elefante)

Subclasse Elasmobranchii - possuem brânquias em lâminas (placas sobre a derme, raias e tubarões)

Evolução: Primeira radiação - aumento grande de uma população em um pequeno espaço de tempo, +/- 400 milhões de anos.

+ Ordem Pleuracanthodii - apresentavam nadadeira diferenciada

+ Ordem Cladocephalii - passagem da água doce para o mar

Segunda radiação - +/- 350 milhões de anos (apenas restaram fósseis), Hybodus sp (300sp) - possuía dentes tricúspides, heterodentia (formação diferenciada de dente) especialização para predação.

Ordem Selachii - compreende as raias e cações atuais

Terceira radiação - tubarões atuais com 250 milhões de anos, as raias apareceram há 150 - 100 milhões de anos atrás (surgiram a partir de um grupo de tubarões demersais).

Classe Chondrichthyes

Tegumento - formado por epiderme basicamente glandular e pluriestratificada, e derme formada por tecido conjuntivo - escamas placóides.

As raias produzem grande quantidade de muco pela glândulas com finalidade protetora, tornando-as difíceis de pegar, os demais chondrichthyes possuem uma produção normal de muco por não haver necessidade de manter a pele úmida pelo fato de estarem em meio aquático, utilizam este muco para formar uma parede lubrificante entre pele e água, diminuindo o atrito e melhorando sua dinâmica.

Dentículos dérmicos - são escamas individualizadas que não apresentam ligação de uma com a outra e não são ossificadas, são chamadas placóides. Apresentam uma camada mais externa denominada vitrodentina (revestimento mais endurecido, tipo de esmalte, produto da derme),

intermediariamente uma camada conhecida por dentina (formada por cristas de cálcio depositadas em glicoproteína), essas duas camadas compreendem hidroxiapatita que é uma calcificação de uma cartilagem. A camada mais interna é conhecida como cavidade pulpar contendo circulação e inervação.

Esqueleto - formado por cartilagem (no máximo ossificada), estruturada por condrócitos mais fibras colágenas mais matriz com glicoproteínas chamadas condromucinas (formação protéica com colágeno bastante resistente e maleável). Não há formação de tecido ósseo, a cartilagem pode sofrer apenas calcificação (retenção dos caracteres de jovem no adulto).

Uma vez a cartilagem estar calcificada, não se modifica, o cálcio não é mais remobilizado para suprir outras necessidades. A cartilagem não recebe inervação nem circulação.

Esqueleto axial - forma o eixo longitudinal.

Condrocrânio - é a base do crânio que sustenta o encéfalo, não se ossifica, forma uma caixa fechada (nos demais vertebrados é aberta com furos - trabéculas). Os elasmobrânquios possuem um condrocrânio muito fechado, serve de proteção e já que não apresenta ossificação, possui apenas uma abertura relacionada aos lobos olfativos e oculares.

Coluna vertebral - formação de vértebras simplificadas que vão apresentar um centro vertebral arredondado (centro de cartilagem endurecido por calcificação) e a presença de dois arcos (arco hemal que pode dar origem as costelas e arco neural), além de tubo nervoso dorsal e oco forrado internamente por cartilagem na região superior da estrutura e na região inferior vasos sanguíneos. O centro de cartilagem possui feixes conhecidos como veios de calcificação que são muito usados atualmente para sistemática.

Vértebras - as vértebras são anficélicas (anfi = antes, célica = cavidade). Possuem cavidade (ou cone) anterior e posterior, ocorrência em peixes ósseos e elasmobrânquios. Entre as vértebras encontra-se a retenção de notocorda (alguns Condrichthyes e quimeras fósseis ainda apresentavam notocorda inteira); a notocorda é intercalada com os centros vertebrais. Presença de costelas iniciais, pequenas sem formação de espinhos, a coluna vertebral termina dentro do lobo superior da cauda (nadadeira heterocerca), a região caudal não apresenta costelas dando ao animal maior agilidade.

Esqueleto apendicular - cinturas e nadadeiras, desenvolvimento de nadadeiras cartilaginosas com formação de barbatanas (dorsais e peitorais) com raios de cartilagem, são estruturas rudimentares; cintura peitoral, formação de uma trabécula que veio formar o septo dividindo em cavidade pericárdica e abdominal. Com relação a cintura pélvica, se tornou única relacionada com musculação (cintura completamente desligada do esqueleto axial).

Musculatura - feixes musculares relacionados com as nadadeiras pares, manutenção da metameria observada em anfioxos. O tronco apresenta metameria de anfioxos, com feixes musculares intercalados por feixes de conjuntivo (mioseptos). Grande músculo adutor de mandíbula, nos cações os músculos frontais que promovem a abertura das aberturas branquiais (movimento de abrir e fechar).

A musculatura apresenta a formação de órgão elétricos que produzem pequenos choques como nas raias treme-treme, os cações são deficientes de órgãos produtores de eletricidade. Antigos feixes musculares que

sofreram especialização em termos de potencial de despolarização, na presença de um estímulo não se contrai, produz eletricidade (eletro-placas), servem como proteção contra ataques, predação e orientação, percepção do ambiente (raias costeiras e demersais, peixes elétricos de água doce).

Musculatura relacionada aos eixos axial e apendicular, espinhos na cauda (raias migradoras de meia água).

Captura de alimento - apresentam duas estratégias, macrofagia e microfagia.

Macrofagia - todos predadores carnívoros, são predadores especializados em carnívoros, na maioria das vezes comem outros peixes, lulas, polvos; as raias comem crustáceos, peixes, moluscos, poliquetos, são comedoras de invertebrados de fundo (bentos).

Microfagia - são filtradores, filtram a água com plâncton (zoo/fito/ictioplâncton), são extremamente grandes em relação aos predadores carnívoros, adquiriram grande eficiência em termos nutricionais. Compreende alguns grupos como os tubarões-baleia e as raias Mantas inópulas.

Os dentes não são inseridos na cartilagem que forma maxila e mandíbula, são inseridos na pele (produzidos na placa dérmica), a medida que vão sendo gastos, vão sendo renovados periodicamente. Os dentes possuem vários formatos dependendo da espécie, são muito utilizados para reconhecimento em chaves de identificação.

O dente é formado externamente por esmalte (produto da epiderme), na parte intermédia encontramos epiderme, na região inferior situa-se a polpa. Fileira de dentes internos mais funcionais, dentes formando placas (nas raias) são grandes quebradores de exoesqueleto, raspando uma placa na outra quebram a concha.

Alimentação e digestão - o sistema digestivo apresenta uma boca apropriada para captação de outros organismos, possuem um pequeno esôfago (com faringe perfurada) sem diferenciação para um estômago extremamente grande em forma de foli (sacos), seguindo, encontramos um pequeno piloro se juntando a um intestino pequeno e espiralizado (válvula espiral) chegando a ter 50 voltas de epitélio de absorção. Apresentam formação de glândulas acessórias como um grande fígado com função digestiva e de "bexiga natatória", acoplado a ele uma vesícula biliar bem desenvolvida, e um pâncreas (órgão delimitado).

Trocas gasosas - alguns elasmobrânquios podem apresentar de 5 a 7 fendas branquiais, como os do gênero *Hepthranchria* spp. com 7 pares.

A água entra pela boca, nos migradores principalmente pois mantém a boca entreaberta, deixando fluir o fluxo, ou também podem fazer um bombeamento ao fechar a boca com pressão hiomandibular; a água se dirige a uma faringe perfurada, sendo essas as fendas branquiais. Possuem quatro pares de holobrânquias (possuem dos dois lados filamentos branquiais onde ocorrem trocas gasosas) que são sustentadas pelo arco branquial (esqueleto visceral). Cada brânquia possui uma fenda só para ela. Quando a água entra pela boca, o assoalho da boca se levanta e fecha a passagem para o tubo digestivo, fazendo a água ir para as brânquias.

A primeira brânquia é conhecida como hemibrânquia, pois uma parte serve para erguer maxila e mandíbula ao crânio e a outra (posterior) apresenta uma porção de filamentos branquiais onde ocorrem as trocas gasosas.

Sistema nervoso e sensorial - apresentam uma grande capacidade de perceber o ambiente onde estão, se especializaram muito em termos de órgãos sensoriais. Possuem dois quimiceptores conhecidos como botões gustativos (localizados na boca formados por conjunto de células) e botões olfativos (com grande poder olfativo relacionados com a narina que serve somente para olfato e que não tem ligação com a faringe).

Glândulas farejadoras - muito evidentes em tubarões martelo, pois apresentam um aumento da região da cabeça para as laterais resultando em um aumento exacerbado do olfato.

Em geral 70% da massa encefálica é relacionada com o olfato (possuem locus olfativo).

Mecanoceptores - recebem vibrações do ambiente (órgão para manutenção do equilíbrio), apresentam início da formação de um ouvido muito simplificado que não funciona como órgão receptor de vibrações externas (desenvolvido por uma especialização de um conjunto de células receptoras da linha lateral).

Fotoceptores - possuem um olho pouco desenvolvido em relação aos outros vertebrados, sua retina tem grande quantidade de bastonetes para luz difusa; apresentam uma membrana nictante que se fecha cobrindo o olho quando atacam suas presas protegendo a estrutura.

Linhas laterais - são canais desenvolvidos na lateral do corpo e região anterior, situados abaixo da epiderme (sob escamas) onde há poros em determinados intervalos para comunicação interna. Este canal é preenchido por um líquido podendo ser água ou muco que entra em contato com a água do mar, quando a mesma penetra pelos poros trazendo vibrações do meio externo fazendo com que sejam percebidas dentro do canal. Existem acopladas a este canal um conjunto de células ciliadas ligadas a nervos com uma cúpula de gelatina envolvendo os cílios conhecidas como neuromastos. São vários os neuromastos compreendidos na linha lateral.

Ampolas de Lorenzini - especialização de alguns neuromastos que se tornaram bastante específicos não recebendo estímulos mecânicos e sim eletromagnéticos. Este órgão vai dar noção do eixo magnético da Terra para estes animais. Localizadas na região anterior a cabeça, de fundo cego, muito importante para migração. As ampolas de Lorenzini recebem o estímulo por pequenos canais ligados a região externa passando-o através de cílios e nervos, este canal de Lorenzini é todo formado por "gelatina".

Reprodução - a fecundação é interna (clássper/pterigopódio), canal que só se calcifica na época da reprodução, para introduzir gametas nas fêmeas. Os machos possuem testículos pares (que produzem espermatozoides reunidos em espremo - bolsas) ligados a ductos que estão ligados ao epidídimo. Esses gametas são levados para um espermoducto localizado na região anterior do rim (nos adultos parte do rim não é mais funcional, apenas para reprodução que serve para reunir os espermatozoides). O esperma passa via clássper (parte final da nadadeira pélvica, canal calcificado) para o oviduto da fêmea.

As fêmeas apresentam um par de ovários que as vezes não ocorrem os dois juntos, as gônadas ficam grandes quando maduras que desenvolvem ovócitos muito grandes (de 1,2,3 cm de diâmetro a 9), além dessas gônadas possuem um oviduto (funil) regionalmente especializado. O ovócito é liberado na cavidade abdominal e migra para o oviduto, quando o ovócito está na glândula nidamentária ocorre geralmente a fecundação.

Padrão reprodutivo (Wourms - 1977)

Oviparidade - produzem ovos, assim que são encapsulados são depositados no meio.

- Viviparidade - o embrião se desenvolve internamente a mãe.

- Vivíparos lecitotróficos - sem nutrição adicional além do ovócito com vitelo.

- Vivíparos oofágicos/adelfofágicos - o organismo fica retido dentro da mãe que recebe uma nutrição adicional a partir da produção de outros ovos, que ocorre gradualmente.

Vivíparos com nutrição adicional por secreção de "leite uterino" ou por formação de estruturas análogas a placenta - grandes raias migradoras vão produzir no epitélio uterino (nos tufos de vilosidades) que é secretor de substâncias lipídicas e protéicas, o embrião absorve o líquido por toda a superfície do corpo que não é rígida via espiráculo.

Vivíparos formadores de placenta saco-vitelínica - os embriões absorvem todo o vitelo da bolsa de vitelínica dentro do útero e assim que a esvazia, a bolsa se transforma em uma superfície de troca com o útero.