

ICHTHYOLOGY

(ماهی شناسی)

مقدمه

ICHTHYOLOGY از دو کلمه یونانی ikhthus به معنی ماهی و logos یعنی مطالعه و شناخت تشکیل شده و شاخه ای از علم زیست شناسی است که به مطالعه تمامی گروه‌های مختلف ماهیان شامل؛ ماهیان استخوانی (Osteichthyes) نظیر، کپور ماهیان، آزاد ماهیان، ماهیان غضروفی (Chondrichthyes) نظیر، کوسه ماهی، سپر ماهی، ماهی خاویاری، و ماهیان بدون آرواره (Agnatha) نظیر، مارماهیان دهان گرد می‌پردازد. بر اساس Fishbase تا کنون حدود ۳۴,۳۰۰ گونه ماهی در منابع آبی مختلف سرتاسر جهان اعم از آبهای شیرین (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها) و آبهای شور دریایی (دریاها و اقیانوسها) شناسایی شده‌اند و هر ساله بیش از ۲۵۰ گونه جدید به این لیست اضافه می‌شود.

خصوصیات ماهیان:

- ۱- ماهیان خونسرد (Poikilotherm) هستند، یعنی درجه حرارتشان متناسب با دمای محیط تغییر کرده و بدین ترتیب فعالیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی شان تنظیم می‌گردد.
- ۲- وزن مخصوص ماهیان برابر با محیط زیست آنها بوده و بنابراین برای حفظ موقعیت خود در محیط نیاز به صرف انرژی زیادی ندارند.
- ۳- نیاز به انرژی در ماهیان به نسبت سایر جانوران کمتر است.
- ۴- تبدیل غذایی در ماهیان بالا بوده و خاصیت ترمیمی آنها نسبت به جانوران دیگر بیشتر است.

کاربردهای مختلف ماهی

- ۱- استفاده از گوشت ماهی بعنوان منبع غذایی سرشار از پروتئین و چربی‌های غیر اشباع امگا۳ (بصورت تازه، کنسرو، دودی و سایر فرآورده‌ها)
- ۲- آرد ماهی جهت مصرف بعنوان غذای سایر جانوران
- ۳- خاویار (تخمک ماهیان خاویاری)
- ۴- تهیه چسب از کیسه شنای ماهیان خاویاری
- ۵- تهیه مروارید مصنوعی با استخراج گوانین از فلس ماهی
- ۶- تهیه چرم
- ۷- مصارف درمانی و دارویی (بعنوان منبع غنی از ویتامین D)
- ۸- تهیه کود برای مصارف کشاورزی
- ۹- تهیه کاغذ سنباده از پوست کوسه ماهیان

اندازه ماهیان

ماهیان دارای اندازه‌های بسیار متفاوتی می‌باشند. *Paedocypris progenetica* یکی از کوچکترین گونه‌های ماهی جهان است که طولی در حدود ۱۰ میلیمتر دارد. این ماهی از اعضای خانواده کپور ماهیان بوده و بومی اندونزی می‌باشد و بزرگترین ماهی وال کوسه (*Rhincodon typus*) است که به طولی برابر با ۱۲/۵ متر و وزنی حدود ۲۱/۵ تن می‌رسد. این ماهی یک فلیتر کننده است.

شکل ماهیان

اشکال ماهیان بسیار متنوع است ولی شکل غالب آن دوکی شکل (*fusiform*) است؛ نظیر قزل‌آلای رنگین کمان. سایر اشکال ماهیان شامل موارد ذیل هستند.

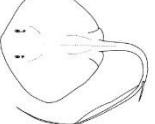
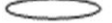
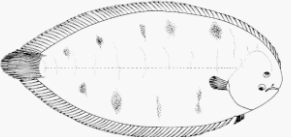
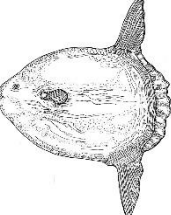
- **Torpediform** (اژدری شکل): در تن ماهیان (*Scombridae*)
- **Ventrally flattened** (فشرده از جهت پشتی به شکمی): در سپرماهی الکتریکی (*Pastinachus sephen*)
- **Ribbon-like** (نواری شکل): نوار ماهی قرمز
- **Eel-like** (ماری شکل): در مارماهیان مهاجر و یا مارماهیان خاردار (*Mastacembelus mastacembelus*)
- **Spheroid** (کروی): در خورشید ماهی اقیانوسی

• **Latteraly flattened** (فشرده از پهلو به پهلو): در کفشک ماهیان (*Brachirus*)
(*orientalis*)

• **Arrow-like** (پیکانی شکل): در *Hyporhamphus dussumieri*

• **نیمی پهن و نیمی دوکی شکل**: در گربه ماهیان و یا سوس ماهی

اشکال مختلف بدن ماهیان

شکل بدن	نام معمولی	نام علمی	گونه	مقطع عرضی
Fusiform (دوکی شکل)	فزل آلی رنگین کمان	<i>Oncorhynchus mykiss</i>		
Torpediform (اژدری شکل)	قباد	<i>comberomorus guttatus</i>		
Ventrally flattened (فشرده از جهت پشتی به شکمی)	پو ماهی دو خاردار	<i>Dasyatis gerardi</i>		
Latteraly flattened (فشرده از پهلو به پهلو)	کفشک گرد	<i>Brachirus orientalis</i>		
Ribbon-like (نواری شکل)	نوار ماهی	<i>Acanthocephala abbreviata</i>		
Eel-like (ماری شکل)	مار ماهی خاردار	<i>Mastacembelus mastacembelus</i>		
Arrow-like (پیکانی شکل)		<i>Hyporhamphus dussumieri</i>		
Spheroid (کروی)	خورشید ماهی اقیانوسی	<i>Mola mola</i>		
نیمی پهن و نیمی دوکی شکل	اسبه ماهی	<i>Silurus glanis</i>		

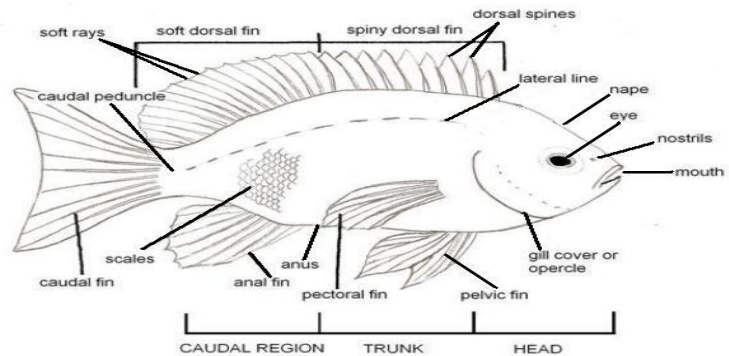
قسمت‌های مختلف بدن ماهیان

بطور کلی بدن ماهیان از سه قسمت تشکیل شده است:

۱- سر: از نوک پوزه تا انتهای سرپوش آبشی

۲- تنه: از انتهای سرپوش آبشی تا مخرج

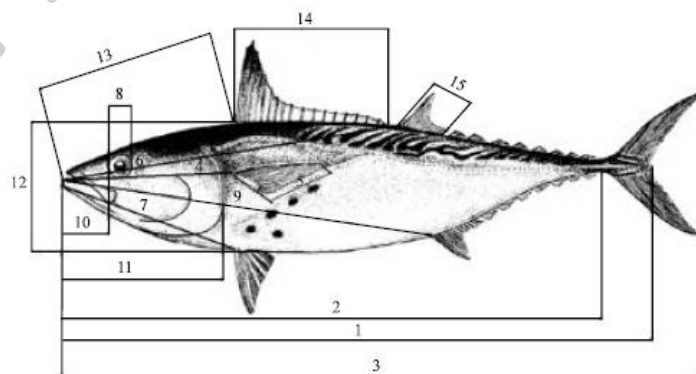
۳- دم: از مخرج تا انتهای ساقه دمی



قسمتهای اصلی بدن ماهیان

زیست سنجی ماهیان

عبارت است از اندازه گیری و ثبت مشخصات ماهیان، که جهت شناسایی گونه‌های مختلف ماهیان و تعیین میزان رشد و بازدهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



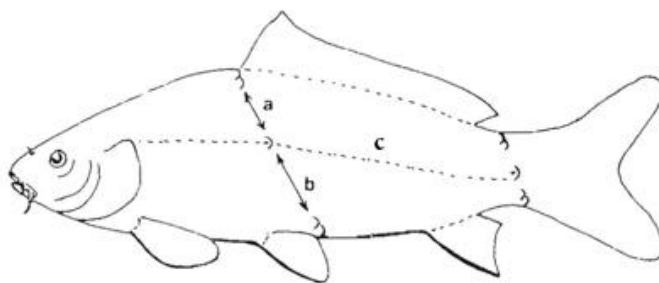
شاخص‌های زیست سنجی *Euthynnus alletteratus*

1: Fork length (FL); 2: Standard length (SL); 3: Total length (TL); 4: Distance of the pectoral fin (DP); 5: Length of pectoral fin (LP); 6: Distance of the second dorsal fin (DD2); 7: Distance of ventral fin (DV); 8: Eye diameter (ED); 9: Distance of anal fin (DA); 10: Snout length (SnL); 11: Head length (HL); 12: Distance of the first dorsal fin (DD1); 13: Distance of the second dorsal fin (DD2); 14: Distance of the third dorsal fin (DD3); 15: Distance of the fourth dorsal fin (DD4).

Maximum body height (H); 13: Distance of the first dorsal fin (DD1); 14: Length of first dorsal fin base (LD1); 15: Length of second dorsal fin base (LD2)

- طول کل (total length): عبارت است از نوک پوزه تا انتهای باله دمی
- طول استاندارد (standard length): فاصله نوک پوزه تا انتهای ساقه دمی
- طول چنگالی (fork length): فاصله نوک پوزه تا محل دو شاخه شدن باله دمی
- طول سر (Head length): فاصله نوک پوزه تا انتهای سرپوش آبششی
- ارتفاع بدن (Body Depth): فاصله عمودی جلوی باله پشتی تا خط زیر شکم
- فاصله دو چشم (Interorbital Width): فاصله بین دو چشم
- قطر چشم (Orbital Diameter): بیشترین فاصله در چشم
- قطر مردمک (Pupile Diameter): اندازه داخلی مردمک
- طول سبیلک‌ها (Barbles)
- خط جانبی (Lateral Line): تعداد فلس‌های روی خط جانبی در طرفین بدن (۶۵ و ۷۰ در مثال زیر) و تعداد فلس‌های بالا (۶ در مثال زیر) و پایین خط جانبی (۵ در مثال زیر) در ارتفاع بدن:

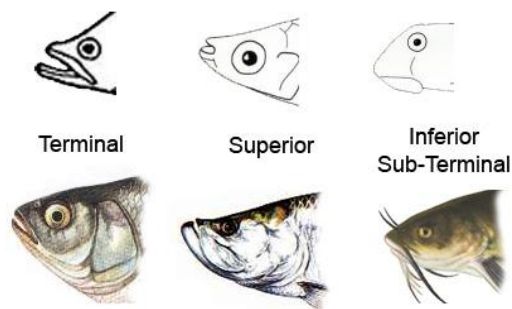
$$L.L = 65 \frac{6}{5} 70$$



الگوی شمارش تعداد فلس‌های روی خط جانبی (c) و تعداد فلس‌های بالا (a) و پایین خط جانبی (b)

نوع دهان

بسته به رژیم غذایی ماهیان، اندازه و موقعیت از دهان ماهی متفاوت می‌باشد که بواسطه اختلاف در اندازه‌های نسبی لب بالا و پایین ماه است. دهان دارای انواع فوقانی (اردک ماهی و گویی)، میانی (کپور ماهی یا قزل‌آلا) و یا زیرین (کوسه ماهی و ماهیان خاویاری) باشد.

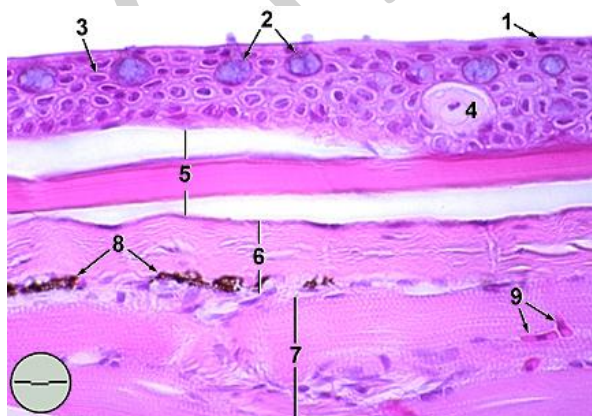


انواع اصلی دهان در ماهیان

پوست (Skin)

پوست ماهیان از دو لایه سطحی اپی‌درمیس (Epidermis) با منشاء اکتودرمی و لایه زیرین درمیس (Dermis) با منشاء مزودرمی تشکیل شده است. در زیر لایه درم، بافت پیوندی قرار دارد که حاوی ذخایر چربی است. پوست ماهیان نفوذ پذیری کمی نسبت به آب و یون‌ها داشته و اولین سد دفاعی ماهی در برابر عوامل بیماری‌زا و سایر عوامل مهاجم بشمار می‌آید.

لایه سطحی پوست در ماهیان زنده بوده و واجد سلول‌های ترشحی است. موکوس ترشحی بواسطه دارا بودن آنزیم‌ها و مواد ضد میکروبی نقش حفاظتی داشته و علاوه بر این باعث تسهیل در حرکت ماهی (بویژه در شنای ناگهانی و سریع) می‌شود. موکوس برخی ماهیان نظیر *Pisodonophis boro* باعث شفافیت آب‌های گل‌آلود می‌شود. پوست برخی ماهیان نظیر مارماهی مواد ترشحی سمی تولید کرده و یا پوست ماهیان دهان‌گرد بسیار چرب است.

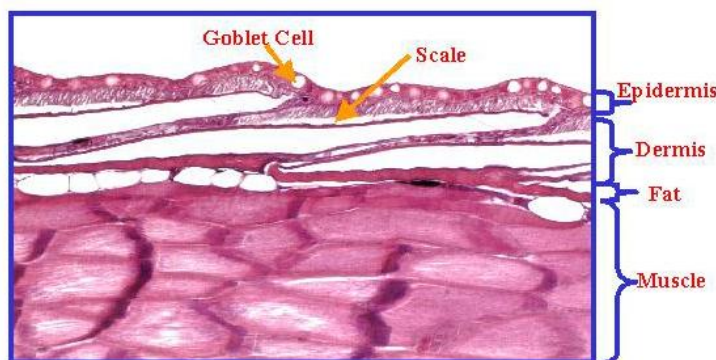


مقطع عرضی پوست ماهی در ناحیه ساقه دم

1. squamous epithelial cells; 2. mucous cells (expelling mucus); 3. Cuboidal epithelial cells; 4. alarm cell; 5. scale pocket w/ scale; 6. dermis (stratum compactum); 7. Skeletal muscle; 8. chromatophores (melanocytes); 9. red blood cells. (Formalin,H&E, Bar = 31.7 μ m).

فلس (Scale)

پوست در اکثر ماهیان پوشیده از فلس بوده و یا واجد قطعات استخوانی (ماهیان خاویاری) هستند و یا برهنه (مارماهیان دهان گرد، گربه ماهی و یا سپرماهیان) می باشد. فلس ها ساختارهای پوستی واجد مواد معدنی هستند که از لایه درم منشاء گرفته و در داخل حفرات پوستی مخصوص فلس (Scale Pocket) قرار گرفته اند.

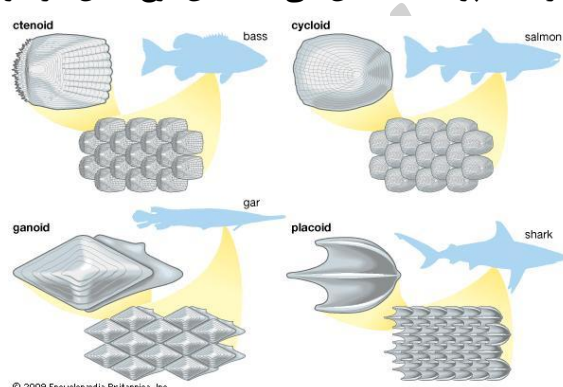


مقطع عرضی پوست ماهی به همراه فلس

شکل و تعداد و اندازه فلس ها و نحوه قرار گرفتن آنها در ماهیان مختلف متفاوت است. ترتیب قرار گیری فلس ها بروی بدن بصورت طولی و یا مدور است. بچه ماهیان ابتدا فاقد فلس هستند و زمانی که به اندازه حدوداً ۳ سانتی متری رسیدند فلس ها ظاهر می شوند. در غالب ماهیان استخوانی (کپور ماهیان و آزاد ماهیان) فلس تمامی سطح بدن بجزء ناحیه سر را می پوشاند. در برخی گونه ها نظیر کفال فلس ها در ناحیه سر هم دیده می شوند. در ماهیان خاویاری که واجد قطعات استخوانی هستند فلس ها در ناحیه باله دم دیده می شوند و یا در هوور و زرده فلس های اطراف ناحیه سینه ای قرار دارند. استحکام فلس ها در ماهیان مختلف متفاوت است. فلس های کپور معمولی بسیار محکم به بدن چسبیده اند، در حالی که در حلوا سفید فلس ها اتصال سستی به بدن دارند.

۴ نوع فلس در ماهیان یافت می شود:

- ۱- فلس‌های دایره‌ای (Cycloid): کاملاً گرد بوده و دارای لبه‌های صاف می‌باشند. این نوع فلس در اکثر ماهیان آب شیرین نظیر کپور ماهیان و قزل‌آلا قابل مشاهده است.
- ۲- فلس‌های شانه‌ای (Ctenoid): گرد بوده و دارای زوائدی شانه مانند در لبه خارجی می‌باشند. این نوع فلس در اکثر ماهیان دریایی نظیر سوف، هامور و سرخو دیده می‌شود.
- ۳- فلس‌های لوزی (Ganoid): این نوع فلس‌ها در شاخه بالایی باله دمی ماهیان خاویاری دیده می‌شوند.
- ۴- فلس‌های صفحه‌ای (Placoid): بدنه فلس در زیر پوست و خار آن به سمت خارج قرار داشته و حالت زبری به پوست ماهیان می‌دهد. این نوع فلس در کوسه ماهیان یافت می‌شود.



انواع فلس در ماهیان

نکته: کفال ماهی در آب شیرین واجد فلس دایره‌ای است و کفال ماهیان آب شور واجد فلس‌های لوزی هستند. در کفشک ماهیان در سمتی که چشم‌ها قرار دارند فلس‌ها لوزی شکل و در سمت دیگر دایره‌ای هستند.

قطعات استخوانی (scutes)

قطعات استخوانی صفحات خارجی استخوانی یا شاخی هستند که در ۵ ردیف بروی سطح بدن ماهیان خاویاری قرار گرفته و عملکردی همانند فلس را دارند.

اندام‌های حرکتی ماهیان

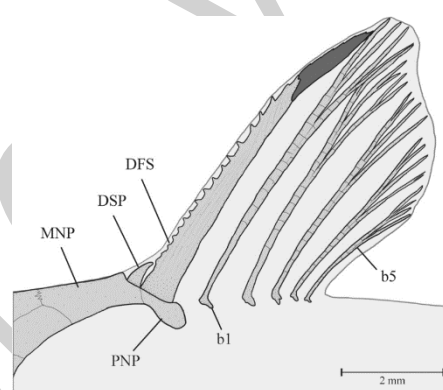
باله‌ها (Fins)

باله‌ها در حقیقت چین‌های پوستی هستند که توسط شعاع‌های سخت و نرم حمایت می‌شوند. باله‌ها در ماهیان استخوانی بصورت ساختاری پره مانند دیده شده و یا در کوسه ماهیان بصورت یک عضو پهن و گسترده بدون بند (Flipper) می‌باشند. شعاع‌های سخت بدون بند، مضرس، ضخیم و غیر منشعب بوده، در حالی که

شعاع‌های نرم بند بند، منعطف، و معمولاً منشعب می‌باشند. تعداد شعاع سخت و نرم باله‌های بویژه در باله‌های پشتی و مخرجی یکی از شاخصه‌های اصلی شناسایی ماهیان است. اولین شعاع باله‌ها معمولاً بصورت خار محکمی در آمده و گاهی دارای کیسه زهر می‌باشد. تعداد شعاع‌های سخت با اعداد لاتین و تعداد شعاع‌های نرم با اعداد انگلیسی نمایش داده می‌شوند:

D=III/8

باله پشتی = ۳ شعاع سخت / ۸ شعاع نرم



شعاع‌های سخت و نرم باله پشتی در ماهی *Centromochlus ferrarisi*.

b1, first dorsal-fin branched ray; b5, fifth dorsal-fin branched ray; DFS, dorsal-fin spine; DSP, dorsal-fin spinelet; MNP, middle nuchal plate; PNP, posterior nuchal plate.

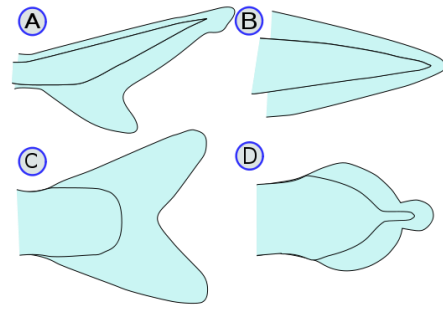
باله‌های ماهیان به دو گروه باله‌های زوج و فرد تقسیم بندی می‌شوند

الف) باله‌های فرد: بطور عمده در محور تقارن بدن قرار داشته و شامل باله دمی، باله پشتی و باله مخرجی هستند. باله‌های فرد (بویژه باله دمی) عامل اصلی حرکت در ماهیان می‌باشند.

۱- باله دمی (Caudal fin):

این باله در اکثر ماهیان در انتهای بدن واقع شده است. برخی ماهیان مانند مار ماهی حفار فاقد باله دمی هستند و انتهای بدن به حالت مته مانند ختم می‌شود و در برخی ماهیان بصورت زائده‌ای دم مانند و گزنده تبدیل شده است.

چهار نوع باله دمی در ماهیان وجود دارد:



انواع باله دمی در ماهیان (A) Heterocercal (B) Protocercal (C) Homocercal (D) Diphyccercal

باله دمی هموسرک (Homocerc): یا باله دمی متجانس که اغلب ماهیان استخوانی واجد این نوع باله هستند نظیر کپور ماهیان ماهیان، آزاد ماهیان و یا سوف ماهیان. این نوع باله متقارن بوده و اسکلت بدن وارد باله نمی‌شود. این باله ممکن است دو شاخه، صاف و یا برآمده باشد.

باله دمی هتروسرک (Heterocerc): یا باله دمی نامتجانس که در این نوع باله تقارن وجود نداشته و اسکلت وارد شاخه بزرگتر باله دمی می‌شود. این نوع باله در کوسه ماهیان و ماهیان خاویاری دیده می‌شود.

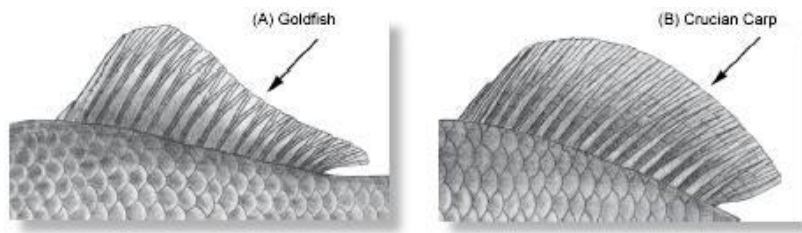
باله دمی دیفی سرک (Diphyccerc): این نوع باله در ماهیان شش‌دار و لامپری‌ها دیده می‌شود. ستون فقرات مهره تا انتهای باله دمی امتداد داشته و باله متقارن و گسترش یافته است.

باله دمی پروتوسرک (Protocerc): یا باله دمی اولیه که در تمامی لارو ماهیان و مارماهیان دهان گرد دیده می‌شود. این نوع باله متقارن بوده و ستون فقرات تا انتهای باله دمی امتداد دارد ولی گسترده نشده و نوک تیز است.

۲- باله پشتی (Dorsal Fin): باله پشتی در ماهیان مختلف متفاوت بوده و اشکال و تعداد متنوعی دارد.

باله پشتی یک عدد:

باله پشتی کشیده: در این حالت باله با فاصله اندکی از سر شروع شده و تقریباً تا انتهای ناحیه پشتی ادامه می‌یابد (کپور معمولی و کاراس). در برخی ماهیان نظیر نیزه ماهی بلند و کشیده است.



باله پشتی کوتاه: که از ناحیه میانی پشت (ماهی سفید) یا در انتهای خلفی بدن (اردک ماهی) قرار می گیرد.

باله پشتی ۲ عدد می باشد: که در اغلب ماهیان استخوانی عالی و دریایی دیده می شود.

باله های پشتی کشیده و دنبال هم: باله پشتی دوم بلافاصله پس از اتمام باله پشتی اول شروع می شود (نظیر سوف).

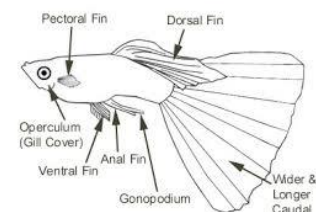
باله های پشتی کشیده و چسبیده بهم: باله پشتی دوم قبل از اتمام باله پشتی اول شروع شده و بین دو باله تنها شیاری دیده می شود (نظیر هامور).

باله های پشتی کوچک، متعارف و با فاصله از هم (نظیر کفال)

باله پشتی ۳ عدد: که در روغن ماهیان دیده می شود.

باله پشتی بادکش مانند: در این حالت باله پشتی به اندامی جهت اتصال و چسبیدن تبدیل می شود (نظیر؛ چسبک ماهی)

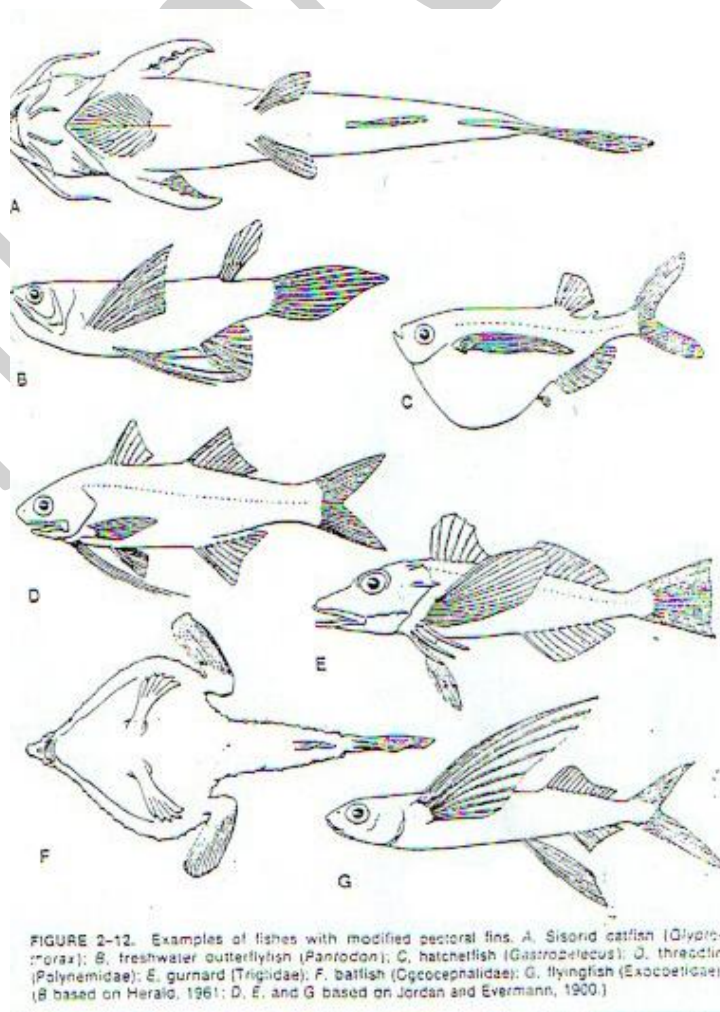
۳- باله مخرجی (Anal Fin): این باله در انتهای ناحیه شکمی قرار داشته که در اکثر ماهیان دیده می شود. وظیفه این باله بطور عمده حفظ پایداری ماهی در هنگام شنا می باشد. باله مخرجی در جنس نر برخی ماهیان زنده زا (نظیر گویی و گامبوزیا) به اندام جفت گیری تغییر شکل داده که به آن گونوپودیوم (gonopodium) می گویند. برخی ماهیان (نظیر سپرماهیان) فاقد باله مخرجی هستند.



ب) **باله های زوج:** باله های زوج عمدتاً برای حفظ تعادل، چرخش و پیشروی و گاهی بعنوان عامل بازدارنده و کاهش سرعت ماهیان مورد استفاده قرار می گیرند.

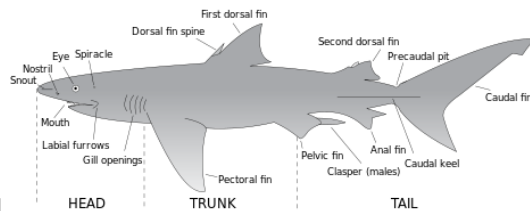
۱- **باله های سینه ای (Pectoral Fins):** که عمدتاً در ناحیه سینه ای قرار گرفته و اندازه و محل دقیق استقرار آنها در ماهیان مختلف متفاوت است. برخی ماهیان نظیر حلوا سفید دارای باله سینه ای نسبتاً بزرگ با اتصال بالایی هستند. در ماهیان خاویاری باله های سینه ای دارای اتصال پایینی هستند. در پرند ماهی (*Paraexocetus mento*) باله های سینه ای رشد قابل ملاحظه ای یافت اند. ماهی راشگو دارای شعاع های آزاد در باله سینه ای هستند. در سپر ماهیان باله های سینه ای در طرفین بدن قرار دارند. در ماهی پلی پتروس باله سینه ای قطعه قطعه و بازو مانند است. باله های سینه ای توسط کمربند شانه ای که از سه استخوان تشکیل شده به بدن متصل می شود.

باله سینه ای کمک به حفظ شناوری ماهی بویژه در ماهیان بدون کیسه شنا نظیر کوسه ماهیان می نماید.



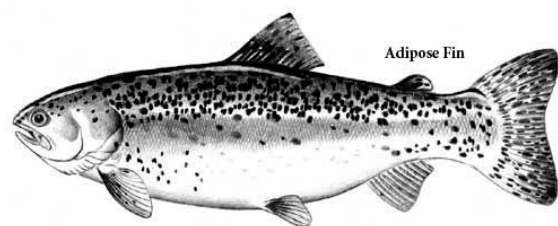
انواع باله های سینه ای تغییر شکل یافته در ماهیان

۲- **باله های شکمی (Ventral or Pelvic Fins):** که در ناحیه شکمی واقع شده اند. محل اتصال باله های شکمی بطور عمده در ناحیه میانی شکم است (نظیر کپور ماهیان و آزاد ماهیان). این باله ها به ماهیان در بالا و پایین رفتن در ستون آب و چرخش های سریع کمک می کند. در برخی ماهیان (قورباغه ماهیان) این باله ها در ناحیه حلق قرار داشته و یا در ماهیان خاویاری در قسمت خلفی ناحیه شکمی واقع شده اند. مارماهیان دهان گرد، حلوا سفید و مارماهیان استخوانی فاقد باله شکمی هستند. باله شکمی در جنس نر کوسه ماهیان و سپر ماهیان به اندام جفت گیری تبدیل شده است که به آن **clasper** گفته می شود. در گاو ماهیان باله شکمی تبدیل به بادکش شده و در ناحیه قدامی شکم قرار گرفته است.



باله های شکمی توسط کمربند لگنی که از دو استخوان تشکیل شده به بدن متصل می شود.

بالچه چربی (Adipose Fin): برخی ماهیان دارای یک باله نرم، بدون شعاع و گوشتی در ناحیه پشت و حد فاصل باله پشتی و دمی تحت عنوان بالچه چربی (Adipose Fin) هستند. این باله را می توان در آزاد ماهیان مشاهده کرد. تحقیقات نشان داده که این باله واجد شبکه ای از عروق خونی است که به هدایت ماهی در آبهای سیلابی کمک میکند.

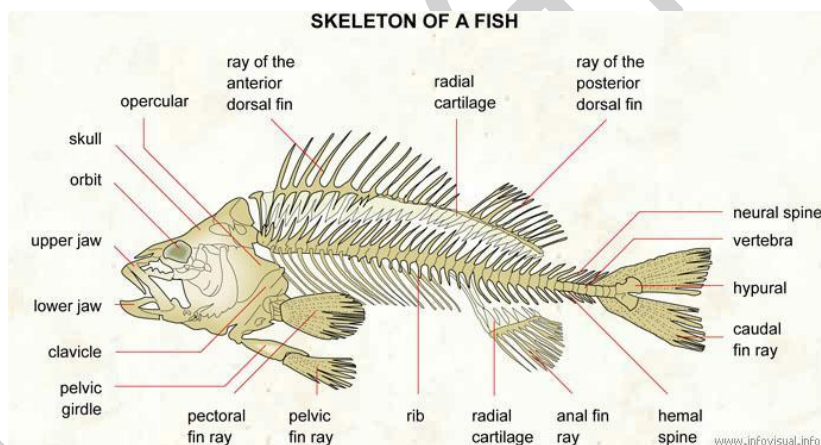


اتصال باله ها به بدن ماهی

باله دمی بصورت مستقیم به ستون مهره ها اتصال دارد، این در حالی است که باله های پشتی و مخرجی بوسیله زوائد غضروفی به ستون مهره ها متصل می شوند. باله های سینه ای از طریق کمربند شانه ای به جمجمه وصل شده و باله های شکمی از طریق کمربند لگنی بصورت آزاد در میان عضلات ناحیه شکم قرار گرفته اند.

اسکلت ماهیان

وظیفه اسکلت حفاظت و نگهداری تمامی اندام‌های داخلی، مغز و اندام‌های حسی است. بعلاوه اسکلت تکیه گاهی برای عضلات بدن می‌باشد. اسکلت در ماهیان استخوانی کاملاً استخوانی بوده و در ماهیان غضروفی- استخوانی، در قسمت بدنه استخوانی و غضروفی و در ناحیه سر استخوانی می‌باشد. این در حالی است که در ماهیان غضروفی اسکلت بطور کامل غضروفی و در ناحیه سر از غضروف سخت (کوندروکراتینوم) است. اسکلت ماهیان شامل قسمت‌های ذیل می‌باشد.



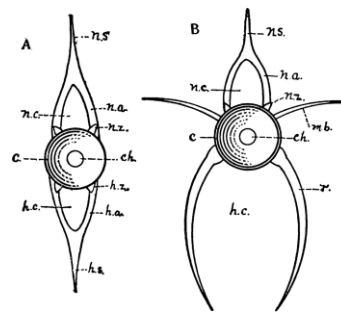
اسکلت ماهیان

۱- **ستون مهره‌ها:** شامل دو قسمت تنه و دم است و تعداد مهره‌ها در ماهیان مختلف تفاوت داشته و از ویژگی‌های تشخیصی جنس‌های مختلف است.
هر مهره از چند بخش اصلی تشکیل شده است:

جسم مهره یا **بدنه مهره (Centrum):** که در وسط قرار گرفته است.

کمان عصبی (Neural Arch): که در بالای جسم مهره قرار داشته و نخاع از آن عبور می‌کند. کمان عصبی در قسمت بالا و در خط میانی بصورت تیغه استخوانی نازک و طولی در آمده که به آن خار عصبی (Neural Spine) می‌گویند که محل اتصال عضلات است.

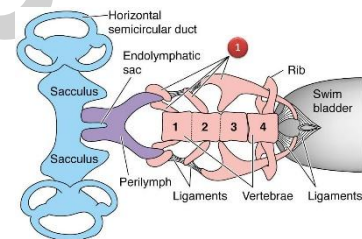
کمان خونی (Haemal Arch): در قسمت زیرین جسم مهره قرار گرفته و رگ‌های خونی (ورید و شریان دمی) از میان آن عبور می‌کنند و در انتها به زائده استخوانی تحت عنوان خار خونی (Haemal Spine) تبدیل شده که محل اتصال عضلات و دنده‌ها است.



طرح مهره‌ها در ماهیان استخوانی

A, caudal; B, trunk. c, centrum or body of the vertebra; ch., the notochord; h.a., haemal arch; h.c., haemal canal; h.s., haemal spine; h.z., haemal zygapophysis, or articulating facet; m.b., inter-muscular bone; n.a., neural arch; n.c., neural canal; n.s., neural spine; n.z., neural zygapophysis; r, rib." -Galloway, 1915

نکته: در برخی ماهیان نظیر ماهی اسبله (از خانواده گربه ماهیان) و یا برخی کپور ماهیان، ۴ تا ۵ مهره اول کوتاه شده و بهم جوش خورده‌اند. به این ماهیان استاریوفیز (Ostariophysi) گفته می‌شود.



ساختار اولین مهره های ستون فقرات در ماهیان اوستاریوفیز

نکته: در انتهای ستون فقرات، مهره‌های ناحیه خلفی تغییر شکل پیدا کرده‌اند و به یک ردیف صفحات استخوانی پهن تحت عنوان هیپورال، اپورال و اورستیل تبدیل شده‌اند.

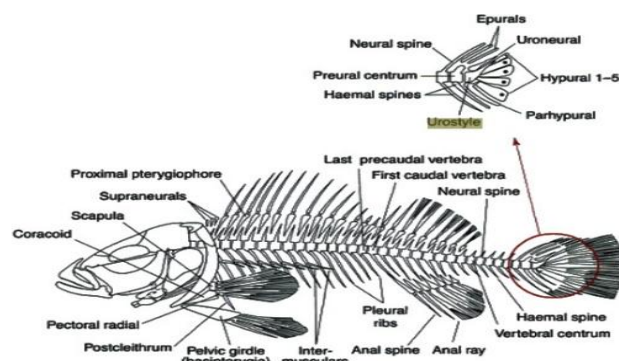


Figure 6.3 The vertebral column of the teleost.

ملحقات آخرین مهره‌ها در ماهیان

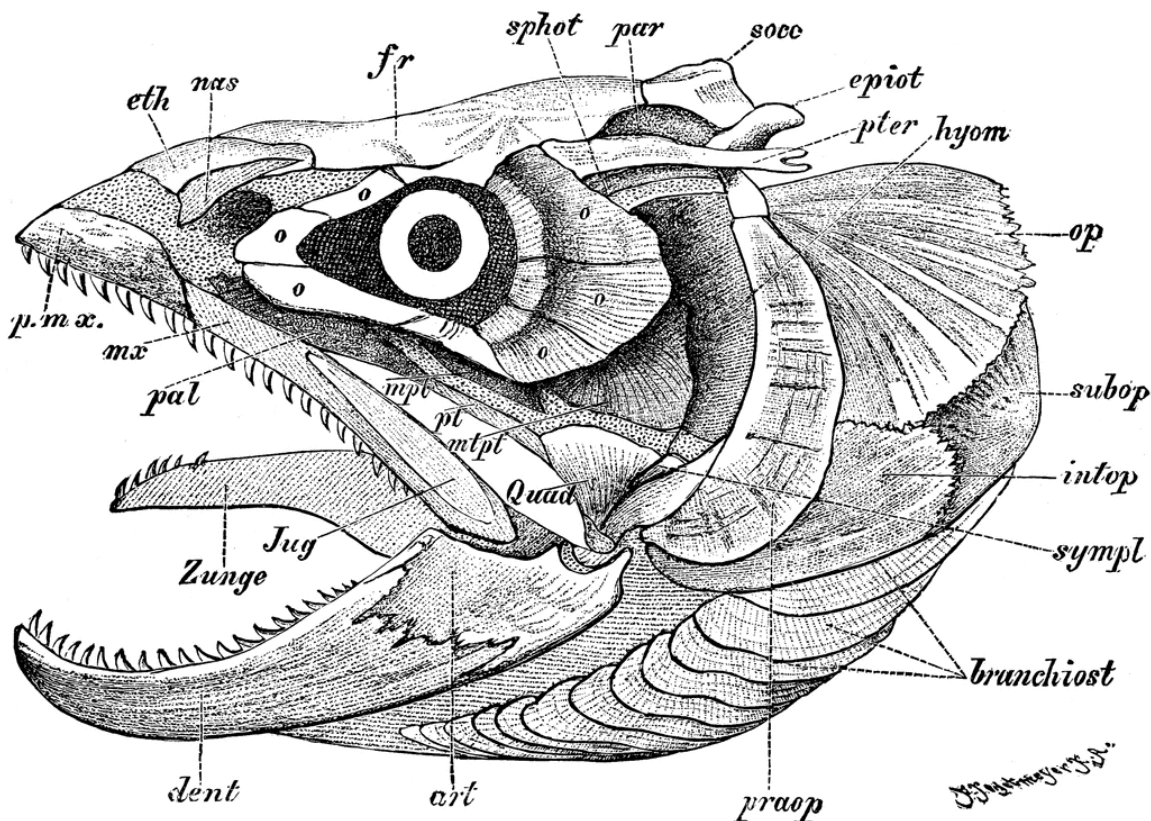
۲- اسکلت سر: اسکلت سر ماهیان تلئوست بواسطه تعداد زیاد استخوان از سایر ماهیان استخوانی متفاوت می‌باشد. در هر حال اسکلت سر در تمامی ماهیان استخوانی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است:

۲-۱- محفظه مغزی (neurocranium): که از مغز حفاظت می‌کند و شامل چهار کپسول متفاوت است.

- کپسول بویایی (Nasal Region): شامل استخوان‌های بینی (Nasal)، پیشانی (Frontal)، تیغه‌ای (Vomer)، کام (Palatin)، پرویزنی (Ethmoid) و رجلی (Petrygoid) است.
- کپسول بینایی (Orbital Region): که شامل استخوان پروانه‌ای (Sphenoid)، قاعده‌ای پروانه‌ای (Basissphenoid)، بالی پروانه‌ای (Alisphenoid) و حلقه‌ای پروانه‌ای (Orbitosphenoid) است.

در ماهیان غضروفی در قسمت قدامی این بخش پوزه (Rostrum) قرار دارد که در اره ماهیان به حداکثر می‌رسد.

- کپسول شنوایی (Otica Region): در اطراف این کپسول استخوان‌های پیش‌گوشی (Periotic) و Opisthotic & و فوق‌گوشی (Epiotic) قرار گرفته‌اند.
- رابطه میانی (Occipital Region): که مغز را به نخاع متصل می‌کند و شامل استخوان پس‌سری (Occipital)، پس‌سری جانبی (Occipital Lateralis)، فوق‌پس‌سری (Superaoccipital) و قاعده پس‌سری (Basioccipital) است.



اسکلت ناحیه سر قزل آلاي خال قرمز

art, articular; branchiost, branchiostegal rays; dent, dentary; epiot, epiotic; eth, supra-ethmoid; fr, frontal; hyom, hyomandibular; intop, inter-opercular; pal, palatine; par, parietal; pmx, pre-maxilla; praop, pre-opercular; pt, pterygoid; pter, pterotic; Quad, quadrate; socc, supra-occipital; sphot, sphenotic; subop, sub-opercular; sympl, symplectic; Zunge, basi-hyal." -Parker, 1900

۲-۲- اسکلت احشایی (**Viseralcranium or splanchnocranium**): که شامل استخوان-هایی است که بخش قدامی دستگاه گوارش را در بر می گیرند. برخی از استخوانهای این بخش بوسیله لیگامان هایی به جمجمه پیوسته اند. قسمت های اصلی این بخش عبارتند از:

- کمانهای آرواره ای (Mandibular arch) شامل فک بالا و فک پایین
- کمان لامی (Hyoid arch)
- کمانهای آبششی (Gill arch)

در فک بالا استخوان های فکی (Maxillary) و پیش فکی (Premaxillary) قرار دارند. در ماهیانی که دهان عریضی دارند استخوان پیش فکی بزرگ است، در حالی که انواعی که دهان عمیقی دارند نظیر قزل آلا استخوان فکی بزرگ است.

در فک پایین استخوان‌های دندانی (Dentary)، زاویه‌ای (Angular) و مفصلی (Articular) مشاهده می‌شوند.

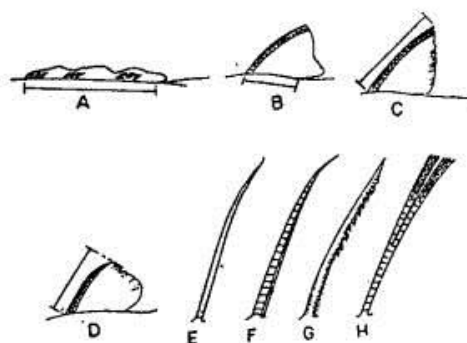
استخوان‌های سرپوش آبششی که متصل به کمان لامی بوده و از محوطه آبششی محافظت می‌نمایند. این استخوان‌ها عبارتند از:

- پیش سرپوش آبششی (pre-operculars)
- سرپوش آبششی (Operculars)
- زیر سرپوش آبششی (Sub-operculars)
- بین سرپوش آبششی (Inter-operculars)

۲-۳- اسکلت ضمیمه (باله‌ها و کمر بند باله‌ای و شعاع‌های باله‌ای)

اندام‌های حرکتی ماهیان باله‌ها هستند. باله‌های سینه‌ای که قاعده مورب دارند توسط کمر بند شانه‌ای با تنه ارتباط دارد که شامل استخوان‌های کتف، ترقوه و غرابی است. کمر بند شانه‌ای بوسیله استخوان‌های باله (Radials) به باله‌ها متصل می‌شود.

باله‌های شکمی بوسیله کمر بند لگنی به تنه متصل می‌شود. کمر بند لگنی هیچ ارتباطی با ستون مهره‌ها نداشته و بصورت آزادانه در میان عضلات قرار دارد. در ماهیان استخوانی از دو استخوان مثلی شکل تشکیل شده که به طرف دم بهم متصل هستند.



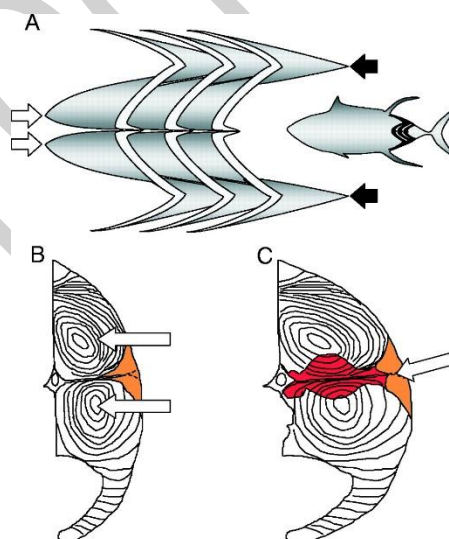
انواع مختلف شعاع در باله‌های ماهیان

A-long dorsal fin, B-short dorsal fin, C-high dorsal fin, D-low dorsal fin, E-simple unbranched ray, F-thick ray, G-antrorsely serrated dorsal ray and H-branched ray

عضلات

عضلات در ماهیان شامل سه نوع عضله صاف، مخطط و قلبی است که از لحاظ ریز بینی مشخصات عضلات مهره داران عالی تر (رشته‌های اکتین، میوزین، میوفیبریل‌ها و خطوط تاریک و روشن و ...) را دارا می‌باشند.

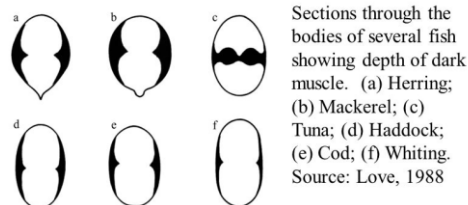
ماهیان واجد عضلات سفید و تیره هستند. عضلات تیره بطور عمده در دو طرف بدن (پشت و پهلوها) واقع شده‌اند. ماهیانی نظیر تن ماهیان دارای فعالیت و تحرک زیادی بوده و شناگران سریعی هستند، دارای عضلات تیره بیشتری می‌باشند. عضلات تیره دارای عروق خونی، میتوکندری، ذخایر چربی و گلیکوژن بیشتری هستند، تا انرژی لازم جهت تحرک این ماهیان را فراهم آورند. در طی فرآیند عمل آوری عضلات تیره سریع‌تر فاسد می‌شوند که یک فاکتور منفی تلقی می‌شود.



(A) ساختار میوتوم‌ها در نمای جانبی. (B) طرح شماتیک مقطع عرضی میومرها، عضلات اکسایشی تیره در کناره‌ها به رنگ نارنجی در امتداد خط جانبی قابل مشاهده هستند. (C) طرح شماتیک مقطع عرضی میومرها در تن ماهی زرد باله (*Thunnus albacares*)، عضلات تیره (به رنگ قرمز) در طرفین ستون مهره‌ها می‌توان دید.

Dark vs. White Muscle

➤ Distribution and amounts of dark muscle are different among fish species



پراکنش و میزان عضلات تیره در گونه های مختلف ماهیان (راست)

دستگاه عصبی (Nervus System)

دستگاه عصبی ماهیان شامل سیستم عصبی مرکزی (مغز و نخاع) و سیستم عصبی محیطی است.

سیستم عصبی مرکزی (مغز و نخاع):

مغز ماهیان در داخل جمجمه (نوروکرایوم) قرار داشته و توسط غضروف یا استخوان، پرده مننژ اطراف و مایع مغزی نخاعی و همچنین ماتریکس چربی که بخش اعظم حفره را پر کرده محافظت می شود. اعصاب مغزی توسط منافذی که در جمجمه قرار دارد به سایر قسمت های بدن کشیده می شوند. نخاع هم که در ادامه مغز قرار دارد از طریق سوراخ مگنوم (foramen magnum) جمجمه را به سمت خلفی بدن (درون ستون مهره ها) ترک می کند.

مغز

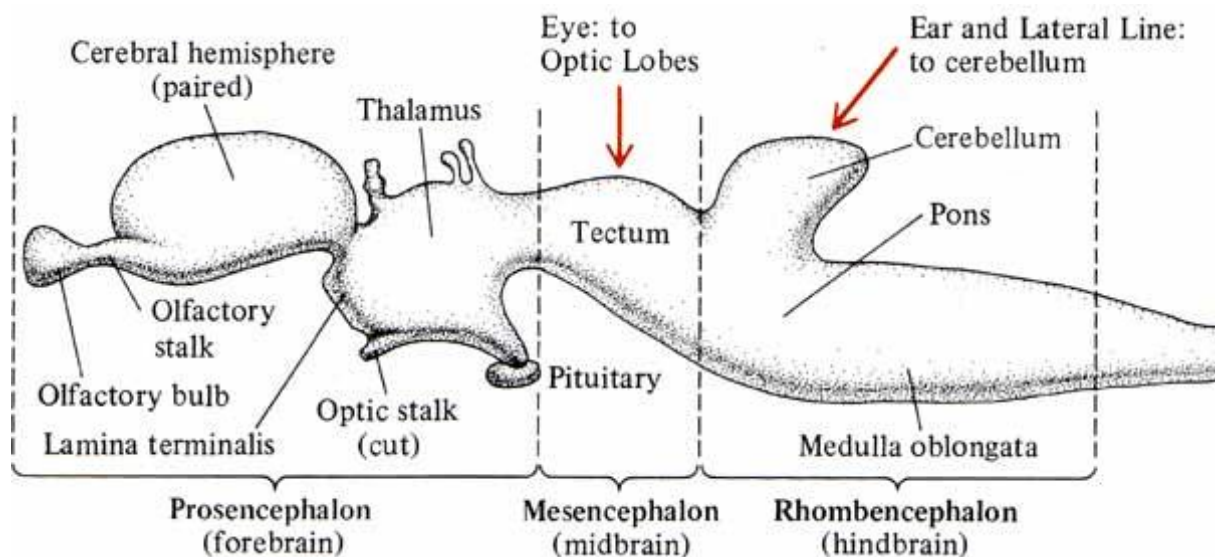
اندازه مغز و نیز قسمت های مختلف آن در ماهیان مختلف متفاوت است. هر چه ماهیان متکامل تر باشند، وظایف مغز اختصاصی تر شده، تکامل یافته و بزرگ تر می باشد.

در ابتدای دوره جنینی مغز بصورت یک نوار است و بعد قسمتهای قدامی آن شروع به شکل گیری می کند. مغز ماهیان مانند مهره داران شامل سه بخش اصلی است:

۱- مغز قدامی (Prosencephalon)

۲- مغز میانی (Mesencephalon)

۳- مغز خلفی (rhombencephalon)



مغز قدامی (Prosencephalon):

الف) مغز جلویی (Telencephalon): تَلَن سَفالون مزکر اصلی حس بویایی در ماهیان است. در جلوی آن یک زوج مرکز بویایی اولیه تحت عنوان پیاز بویایی (Olfactory bulb) قرار دارد. تَلَن سَفالون در قسمت خلفی پیاز متورم شده که تحت عنوان لوب‌های بویایی (Olfactory lobe) که مراکز بویایی ثانویه هستند نامیده می‌شود. وظیفه این بخش حس بویایی نیست. پیاز بویایی در ماهیان غضروفی و برخی ماهیان استخوانی گربه ماهیان، کپور ماهیان و روغن ماهیان در محل اندام بویایی قرار داشته و توسط یک جفت نوار بویایی طویل با لوب‌ها ارتباط دارند.

اندازه این بخش در ماهیان مختلف متفاوت بوده و در ماهیانی که دارای قدرت بویایی بالایی هستند نظیر کوسه ماهیان و سپر ماهیان رشد بسیاری کرده و تقریباً بزرگترین بخش مغز می‌باشد. به نظر می‌رسد که تَلَن سَفالون علاوه بر مرکز بویایی، واجد مراکز هماهنگی و ارتباط نیز هست. توسعه این بخش در کپور ماهیان بیشتر از آزاد ماهیان است.

ب) مغز رابط (Diencephalon):

در ماهیان یک ساختار کوچک اما بسیار پیچیده است. دیانسفالون حاوی بطن سوم بوده و از سه قسمت اپی تالاموس، تالاموس و هیپوتالاموس تشکیل شده است و از پشت توسط مزَن سَفالون رشد یافته پوشانده می‌شود.

- **اپی تالاموس:** سقف اپی تالاموس، واجد شبکه مشیمیه ای (کوروئید) است که دین سَفالون حاوی بطن سوم است و به‌مراه بطن چهارم مایع مغزی نخاعی ترشح می‌کند. قسمت خلفی سقف، به سمت بالا پیشروی می‌کند و اپی فیز را تشکیل می‌دهد. اندام صنوبری در ماهیان

الاسموبرانش و استخوانی در سقف این قسمت قرار دارد و در لامپری ها و هاگ فیش ها دوتا از این اندام ها وجود دارد یکی را اطراف صنوبری (پاراپینه آل) و دومی را صنوبری (پینه آل) می نامند. این اندام ها در بسیاری از ماهیان به نور حساسند و ترشح ملاتونین را به عهده دارند که باعث تغییر رنگ پوست می شود.

- **تالاموس:** حاوی مراکز خودکار عصبی (Autonomic) است و کنترل اعمال و وظایف خودکار را برعهده دارد.
- **هیپوتالاموس:** در کف مغز قدامی قرار داشته و به طرف پایین آن یک کیف (اینفاندیبولوم) شکل گرفته که محل اتصال غده هیپوفیز است و در قسمت رأس آن تبدیل به نوروهیپوفیز می شود.

وظایف:

- **تنظیم رنگدانه ها و تغییر رنگ و درک نور** (توسط غده پینه آل)
- ایجاد هماهنگی و ارتباط پیام های واردشونده و خارج شونده (از طریق سیستم غدد درون ریز و سیستم عصبی خودکار)
- دین سفالون حاوی بطن سوم است که به همراه بطن چهارم مایع مغزی نخاعی ترشح می کند. لازم به ذکر است که کف دیانسفالون حاوی اپتیک کیاسما (تقاطع بصری) است که در اینجا اعصاب بینایی با یکدیگر تقاطع حاصل می کنند و به مغز وارد می شوند.
- در بعضی از ماهیان خصوصا ماهیان آب های عمیق ساختار ساکوس واسکولوزوس (شامل عروق خونی فراوان) در ناحیه اپی تالاموس وجود دارد که تصور می شود گیرنده فشار باشد. با این وجود شواهد سلول شناسی، دلالت بر انجام وظایف ترشحی دارد.

ج) مغز میانی (Mesencephalon):

مزن سفالون یا مغز میانی ماهیان یک ساختار نسبتا بزرگ است که در ماهیان استخوانی بزرگتر از ماهیان غضروفی است و در واقع مرکز بینایی ماهیان می باشد. مغز میانی در هاگ فیش ها که فقط بقایایی از چشم در آنها دیده می شود، کاملا کوچک است. این بخش به یک ناحیه پشتی یا تکتوم بینایی (Optic tectum) و یک ناحیه شکمی (Tegmentum) تقسیم می شود. تکتوم بینایی واجد رشته ها و سلول های عصبی بینایی بوده و بخش شکمی حاوی اعصاب چشایی-شنوایی، خط جانبی است.

وظایف:

- مرکز بینایی
- مرکز یادگیری

مغز خلفی (Rhombencephalon):

د) **مخچه (Metencephalon):** بخش قدامی مغز خلفی در کوسه ماهیان و ماهیان استخوانی را مخچه می نامند. در لامپری ها، مخچه بسیار کوچک است. این در حالی است که مخچه در ماهیان دهان گرد تحلیل رفته و اصلاً قابل تشخیص نیست. بسیاری از ماهیانی که مخچه بزرگی دارند شناگران سریعی هستند نظیر تن ماهیان (به استثنای گربه ماهیان و مورمیریدها). قزل آلا مخچه بزرگی دارد.

وظیفه مخچه

وظیفه مخچه تعادل حرکات، تنوس عضلات و موازنه یا بالانس و حفظ وضعیت ماهی است.

هـ) بصل النخاع (Myelencephalon):

خلفی ترین بخش مغز می باشد که حاوی مراکز حسی و حرکتی (سوماتیک است). بصل النخاع در مهره داران پست از نظر ساختار شبیه نخاع است، فقط کانال مرکزی آن بزرگتر است و یک فضای متسع و پر از مایع به نام بطن چهارم را تشکیل داده است. سقف بطن چهارم دارای یک غشای عروقی نازک است که شبکه کورویید خلفی نام دارد این شبکه به همراه شبکه کورویید قدامی در بطن سوم، مایع مغزی نخاعی را ترشح میکنند. در بصل النخاع هسته های عصبی از هم مجزا هستند و گیرنده های اصلی دستگاه شنوایی-خط جانبی به حساب می آیند.

اعصاب سه قلو، حرکتی خارجی چشم، صورتی، زبانی حلقی، واگ و سایر اعصاب مغزی از بصل النخاع سرچشمه می گیرند و هسته هایشان در بصل النخاع قرار دارد.

وظایف

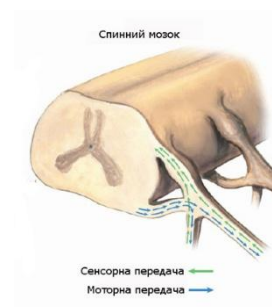
- حفظ تعادل و تاثیر بر روی دستگاه شنوایی-خط جانبی
- کنترل حرکات تنفسی
- کنترل کروماتوفورها

بصل النخاع ماهیان استخوانی واجد دو سلول عصبی بزرگ است که به آنها سلولهای مائتر (Mauthner) می گویند. این سلولها همانند سلولهای پورکنژ در مخچه حیوانات عالی هستند. نقش این سلولها، ایجاد تعادل در حرکات ماهی است زیرا دندریتهای آنها با مرکز شنوایی-خط جانبی ارتباط دارند و آکسون های آنها، طول نخاع را طی می کنند و به عضلات دم می رسند و اطلاعات از دستگاه خطی جانبی به قسمت خلفی نخاع، از طریق این آکسون ها منتقل می شود. لازم به ذکر است که بصل النخاع در ماهیان به عنوان یک ایستگاه رله بین نخاع و مراکز بالاتر عمل می کند.

نخاع

ساختر مشابه مهره داران رده های بالاتر است. در مقطع عرضی، ماده خاکستری Y شکل در ناحیه مرکزی و واجد سلولهای عصبی متعدد است. ماده سفید در اطراف ماده خاکستری قرار داشته و حاوی رشته های عصبی میلین دار می باشد. مجرای مرکزی در وسط ماده خاکستری با مایع مغزی نخاعی پر میشود و از امتداد بطن ها ایجاد میشود.

ماده خاکستری به ستونهای قدامی (شکمی)، خلفی (پشتی) تقسیم میشود که به عنوان محل ورود رشته های اعصاب نخاعی عمل می کنند.



اعصاب محیطی

اعصاب محیطی از دستگاه عصبی مرکزی سرچشمه می گیرند و به گیرنده های غدد و عضلات بدن متصل میشوند. این اعصاب شامل گره های عصبی مغزی، اعصاب مغزی، گره های عصبی نخاعی و اعصاب نخاعی هستند. گره های عصبی مغزی و نخاعی از سلولها و رشته های عصبی زیاد و بافت همبند تشکیل شده اند و عبارت دیگر همان اعصاب هستند که توسط بافت همبند احاطه شده اند (اعصاب اتونومیک و پیکری). دستگاه عصبی خودکار (مستقل) با همه اندام های احشایی، غدد و رگ های خونی ارتباط برقرار میکند و وظایف آنها را به صورت خودکار تنظیم میکند.

در مجموع سه نوع عصب وجود دارد: اعصاب حسی که از اندامها به مغز و نخاع می روند، اعصاب حرکتی که از مغز و نخاع به ماهیچه ها و غده ها می روند و اعصاب مختلط که شامل رشته های حسی و حرکتی هستند .

اعصاب مغزی

ماهیان ده زوج عصب مغزی داشته و یک اعصاب مغزی یازدهم نیز در ماهیان رشد کرده که شامل عصب ترمینال (صفر) است و تنها در مهره داران پست دیده می شود.

اعصاب مغزی از مغز تا اندام های حسی معین و عضلات کشیده شده اند. بیشتر اعصاب مغزی ناحیه سر ماهی را عصب دهی می کنند. اما بعضی از آنها، خصوصاً عصب واگ، دارای اجزای حسی و حرکتی اند که با بخش هایی از بدن در ارتباط می باشند و آنها را عصب دهی می کنند.

نام اعصاب مغزی و نقش آنها

- ۰- عصب انتهایی (Terminal nerve): اتصال به مغز قدامی و پیاز بویایی، وظیفه حسی
- ۱- عصب بویایی (Olfactory n.): از اندام بویایی تا مرکز بویایی در مغز قدامی، وظیفه حسی
- ۲- عصب بینایی (Optic n.): بین شبکیه و تکتوم بینایی، انتقال پیامهای بینایی، وظیفه حسی
- ۳- عصب حرکتی مشترک چشم (Acuomotor n.): برخی عضلات چشم را تعصیب می کند، وظیفه

حرکتی

- ۴- عصب اشتیاقی (Truncular n.): تعصیب عضله مورب فوقانی چشم، وظیفه حرکتی
- ۵- عصب سه قلو (Trigeminal n.): دو شاخه حسی چشمی و فکی (ماگزیلاری) - یک شاخه حسی - حرکتی ماندیبولار (فک تحتانی) - از سر و فکین تا بصل النخاع
- ۶- عصب دور کننده (Abducens n.): از قسمت قدامی بصل النخاع تا عضله مستقیم خارجی چشم.

وظیفه حرکتی

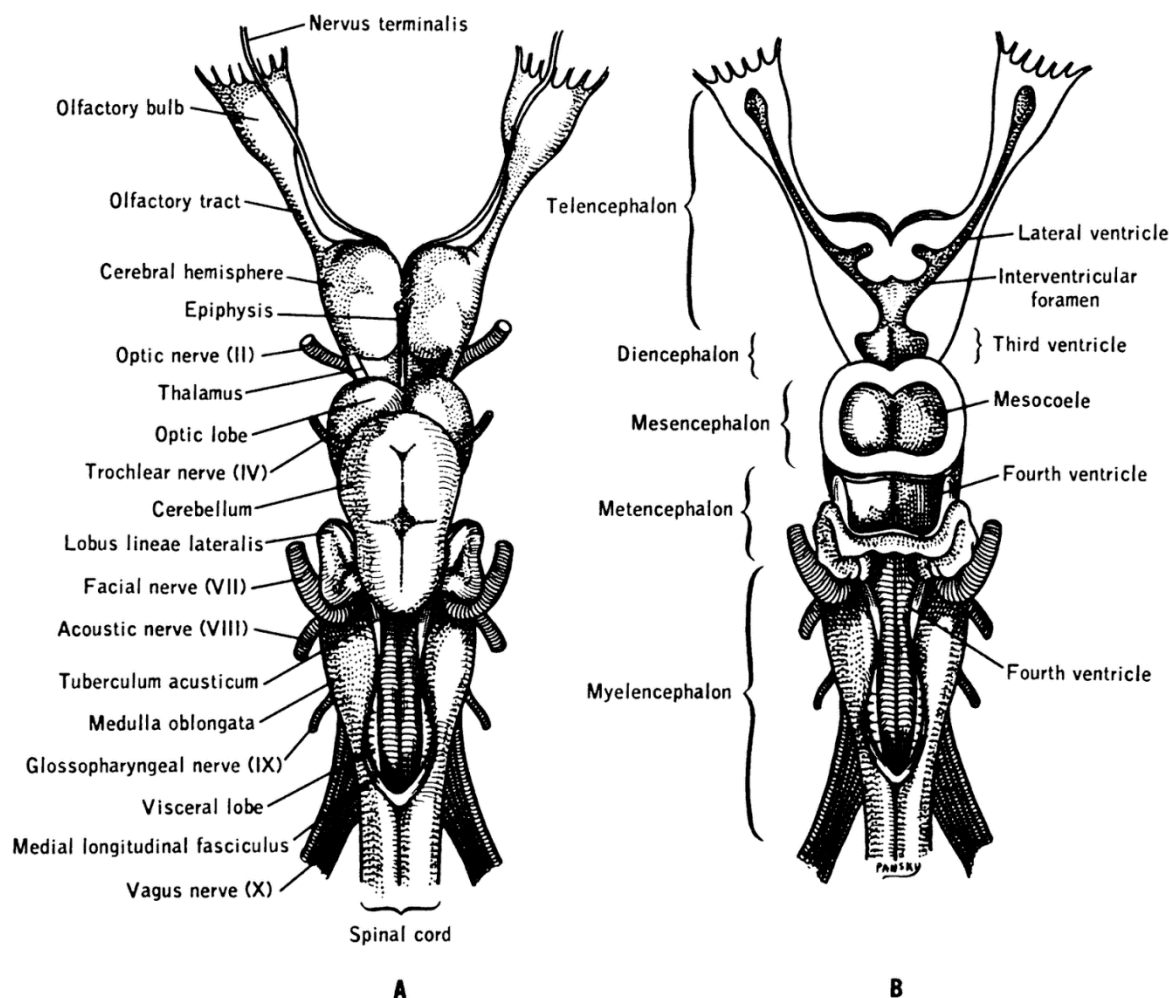
- ۷- عصب صورتی (Facial n.): متشکل از سه شاخه چشمی، دهانی و فکی لامی . وظیفه حسی و

حرکتی

- ۸- عصب شنوایی (Acoustic n.): فعالیت در گوش داخلی. وظیفه حسی
- ۹- عصب زبانی حلقی (Glossopharyngeal n.): با اندام های چشایی حلق و عضلات آبششی ارتباط

دارند. وظیفه حسی و حرکتی

- ۱۰- عصب واگ (Vague n.): یک عصب کمپلکس مرکب با چند شاخه. دو شاخه فوق گیجگاهی و خط جانبی بدن در دستگاه خط جانبی فعالیت می کنند. شاخه های آبششی با ناحیه خلفی حفره یا شکاف های آبششی ارتباط دارند. شاخه پشتی گیرنده های چشایی را تعصیب میکند و شاخه احشایی با اندام های داخلی ارتباط دارد.



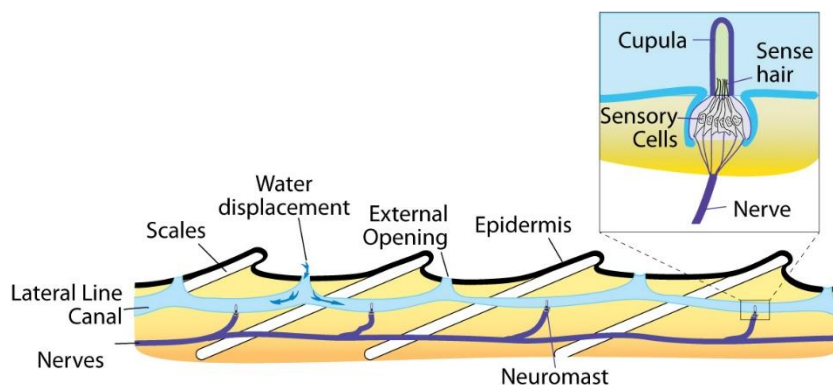
اعصاب مغزی سگ ماهی

اندام‌های حسی

۱- اندام گیرنده مکانیکی

اندام گیرنده مکانیکی دارای ساختار دریافت کننده فشار مکانیکی و ارتعاشات بوده و ماهیان از طریق آن امواج و فشارهای آب ناشی از حرکات سایر آبزیان و جهت و منبع فشار را تشخیص می‌دهند. علاوه بر این ماهیان با توجه به شدت امواج قادر به تعیین فاصله منبع از خود نیز می‌باشند. ماهیان با کمک این ساختار قادر به شناسایی فرکانسهای کمتر از ۲۵ هرتز هستند. این اندام از گیرنده‌های مکانیکی نوروماست (Neuromast) تشکیل شده که هر یک مجموعه‌ای از سلول‌های مژه دار هستند که مژه‌های آنها در یک غلاف انعطاف پذیر و ژلاتینی به نام کاپولا (Cupula) قرار دارد. کاپولا با حرکت آب حرکت کرده و سلول‌های مژه‌دار را تحریک و جانور را از تغییرات فشار مطلع می‌کند. گیرنده‌های نوروماست هم بصورت آزاد بروی سطح بدن پراکنده هستند (superficial (free) neuromasts) و هم در گیرنده‌های نوروماست کانالی (canal neuromasts)

واقع درون کانالهایی بروی سر و دو طرف بدن (خط جانبی) قرار گرفته اند. کانال‌های مذکور مملو از مخاط هستند. مخاط با حرکت آب، حرکت کرده و بدین ترتیب کاپولا را به حرکت واداشته که در نهایت منجر به تحریک سلول‌های مژه دار می‌شود. در انتهای سلول‌های گیرنده مژه دار رشته‌های عصبی قرار داشته که پیام‌ها را به مغز منتقل می‌کنند.



تعداد فلس بروی خط جانبی در ماهیان مختلف متفاوت بوده و از شاخصه‌های تعیین گونه ماهی می‌باشد. و بصورت ذیل نوشته می‌شود:

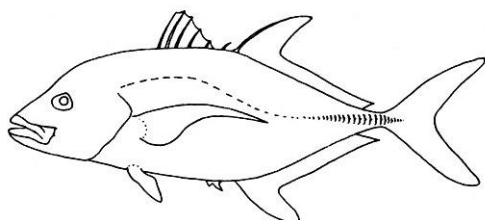
$$L.L. = 25 \frac{6}{5} 30$$

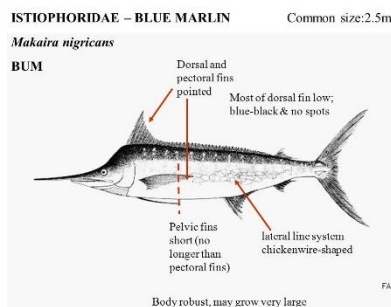
(یعنی تعداد فلس روی خط جانبی در ماهی بین ۲۵ تا ۳۰ عدد بوده و تعداد آنها در بالای خط ۶ و در زیر آن ۵ عدد می‌باشد).

خط جانبی در ماهیان مختلف شکل متفاوتی دارد:

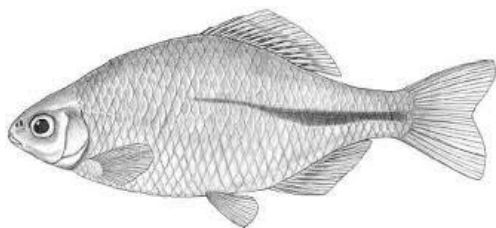
برخی از شگ ماهیان و کفال‌ها خط جانبی به سختی قابل مشاهده است.

در گیش ماهیان خط جانبی همانند ملاقه وارونه است.





در شمشیر ماهی خط جانبی بصورت لانه زنبوری می باشد.

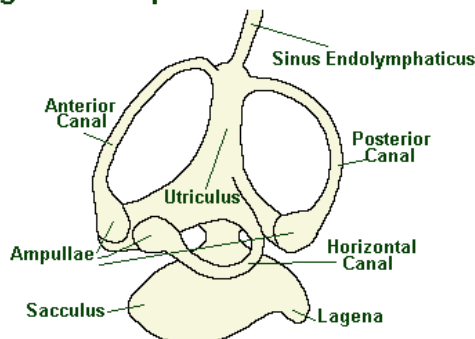


در ماهی مخرج لوله ای خط جانبی ناقص است.

اندام شنوایی

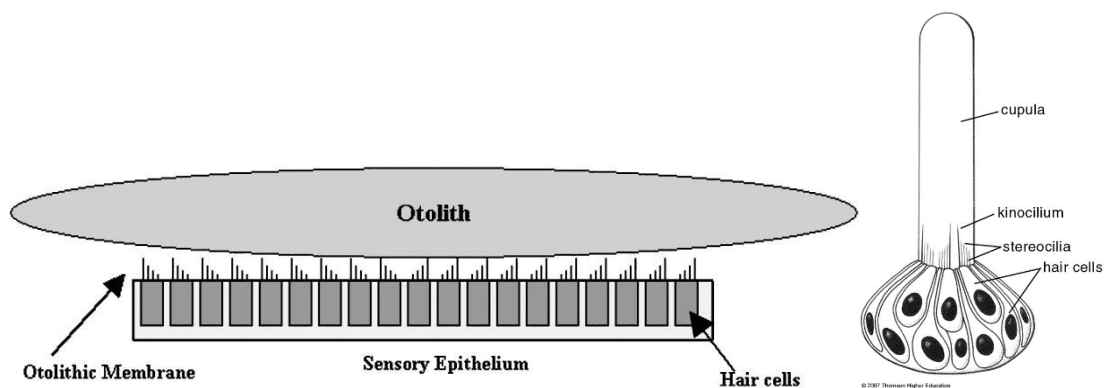
ماهیان فاقد گوش خارجی و میانی بوده و فقط دارای گوش داخلی هستند که مسئول شنوایی، دریافت ارتعاشات و جابجایی آب در محیط اطراف و نیز حفظ تعادل در ماهی می باشند. گوش داخلی در ماهیان عالی تر دارای سه حفره به نام های ساکولوس ('sacculus')، اوتریکولوس ('utricle') و لاگنا ('lagena') می باشد که داخل آنها با مایع اندولف پر شده است. اوتریکولوس به همراه سه مجرای نیم دایره خود وظیفه حفظ تعادل را در ماهی برعهده دارد. در لامپری ها دو مجرا و در هگ فیش ها یک مجرا وجود دارد. این مجاری تحت عنوان لابیرنت شناخته شده و در انتهای هر یک فضایی متورم به نام امپول وجود دارد که واجد کاپولا می باشند. حرکت ماهی باعث حرکت مایع درون مجاری و کوپولا شده و بنابراین باعث تحریک سلول های مژه دار می گردد که نهایتاً این تحریک به مغز ماهی منتقل می شود.

Diagrammatic Representation of a Teleost Ear



داخل های هر یک از حفره های گوش داخلی سنگریزه های شنوایی (otoliths) قرار دارد که به نام های آستریسکوس (**Asteriscus**)، ساجیتا (**Sagitta**) و لاپیلوس (**Lapillus**) می باشند که از جنس کربنات

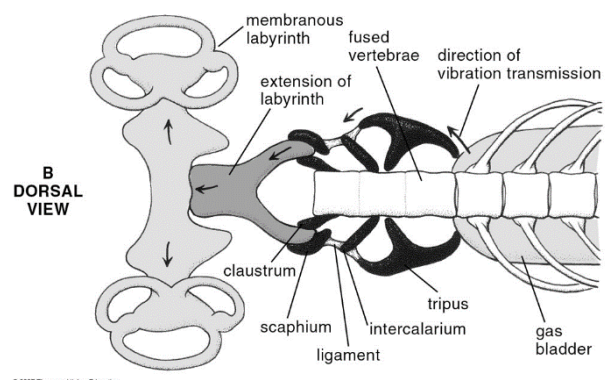
کلسیم بوده و متراکم‌تر از بدن ماهی هستند. تراکم بدن ماهیان تقریباً با محیط بیرون برابر است و بنابراین صدا و ارتعاشات ناشی از آن بطور مستقیم وارد بدن ماهی شده و به گوش ماهی و مایع اندولنف حفره‌های گوش و نهایتاً سنگریزه‌های شنوایی منتقل می‌شود. سپس سنگریزه‌های شنوایی با ارتعاشات کمتری باعث تحریک مژه‌های سلول‌های گیرنده صوت واقع در اپیتلیوم داخل حفره‌ها شده و بدین ترتیب پیام عصبی به مغز منتقل می‌شود. اندازه و شکل اتولیت‌ها در ماهیان مختلف متفاوت است.



قدرت شنوایی ماهیان متفاوت است. یکی از این روش‌های افزایش قدرت شنوایی در ماهیان اوستاریوفیزی اتصال کیسه شنا با گوش داخلی است. تراکم گاز در کیسه شنا به مراتب کمتر از محیط آب دریا و نیز بدن ماهی است و بنابراین گاز داخل کیسه شنا به سهولت بواسطه امواج صوتی فشرده شده که باعث تغییر حجم کیسه شنا شده و حرکت دیواره کیسه شنا به گوش داخلی انتقال می‌یابد، بدین ترتیب مژه‌های سلول‌های گیرنده صوت تحریک می‌شود.

کیسه شنا به روش‌های مختلفی به گوش داخلی متصل می‌شود:

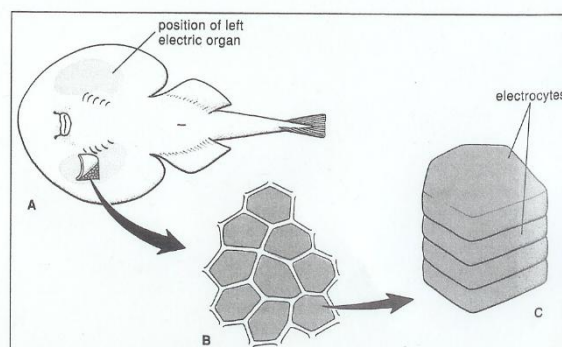
۱. اندام وبری (weberian apparatus): این نوع اتصال در کپور معمولی، گولدفیش و گربه ماهی دیده می‌شود. در این ماهیان کیسه شنا از طریق استخوان‌های وبری با گوش داخلی در ارتباط است. اندام وبری شامل چهار استخوان کوچک است که از چهار مهره اول ستون مهره‌های مشتق می‌شود.



۲. ارتباط مستقیم کیسه شنا با گوش داخلی: در شگ ماهیان علاوه بر ارتباط فوق کیسه شنا از طریق دو مجاری مجزا با گوش داخلی ارتباط دارد. یک جفت لوله گازی طویل منتهی به یک برجستگی از کیسه شنا امتداد یافته و بطور مستقیم به گوش داخلی متصل می‌شود. وجود یک حباب گازی قابل فشردن در این برجستگی‌ها در مجاورت گوش داخلی باعث افزایش تحریک گوش داخلی و افزایش قدرت شنوایی می‌شود.

اندام الکتریکی

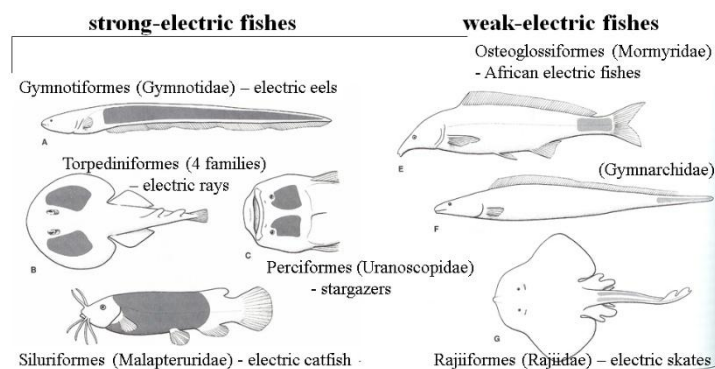
برخی از ماهیان نظیر سپر ماهی الکتریکی، گربه ماهی برقی دارای اندام الکتریکی و قدرت تولید الکتریسیته هستند. در این ماهیان سلول‌های الکتروسیت (electrocyte) از طریق تغییر مقدار ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم بداخل و یا خارج از خود الکتریسیته تولید می‌کنند. الکتریسیته تولیدی هر سه مشخصه الکتریسیته یعنی ایجاد حرارت، نور و خاصیت تجزیه شیمیایی و انحراف عقربه مغناطیسی را دارد. **مار ماهی الکتریکی** از سایرین قدرت تولید الکتریسیته بیشتری دارد. در سپر ماهی این اندام در سطح پشتی قرار داشته و واجد صفحات لانه زنبوری متعددی است که در سطح پشتی جریان مثبت و در سطح شکمی جریان منفی برقرار است. بر حسب تعداد این صفحات تولید برق متفاوت است. یک سپر ماهی به قطر ۱/۵ متری می‌تواند تا ۷۰ ولت برق تولید نماید.



میزان الکتریسیته تولیدی:

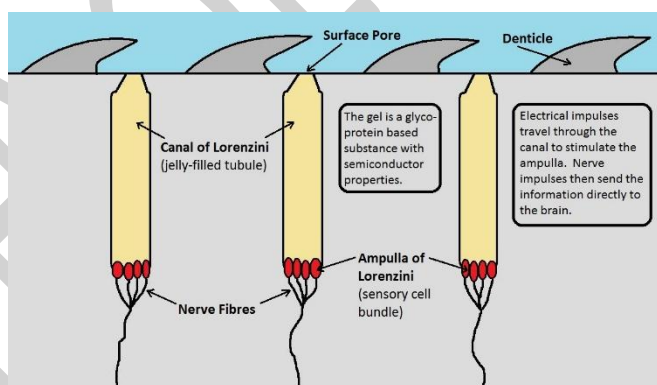
ولتاژ بالا: برای شکار، فرار از دست شکارچیان تا ۵۰۰ ولت

ولتاژ کم: با انتشار سیگنال‌های پیوسته (در حدود ۰/۰۱ میکروولت) اشیاء و جانداران درون این حوزه مغناطیسی پیرامون خود را تشخیص می‌دهند (برای شکار، فعالیت گروهی)



گیرنده‌های الکتریکی

در کوسه ماهیان و سپر ماهیان برخی از نوروماست‌ها تکامل یافته و تبدیل به اندام گیرنده الکتریکی شده تحت عنوان کپسول لورنزینی (ampullae of Lorenzini) که بروی سر ماهیان قرار داشته و قادر به دریافت کوچکترین پیام‌های الکتریکی ناشی از انقباضات عضلانی شکار می‌باشد. این اندام قابلیت شناسایی میدان مغناطیسی زمین را داشته و بنابراین این ماهیان را قادر به جهت یابی خانه و مسیرهای مهاجرت می‌نماید.



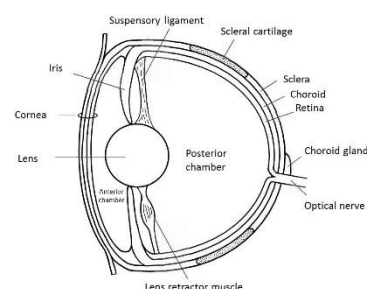
اندام بینایی:

چشم‌ها اندامهای بینایی ماهیان هستند که به منظور شکار، تغذیه و جهت یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندازه چشم‌ها در ماهیان مختلف متفاوت است. ماهیان پلاژیک چشم‌های معمولی دارند ولی چشم ماهیان اعماق دریا که نور کم است درشت می‌باشد. این در حالی است که ماهیان مکان‌های تاریک مثل غارها عمدتاً کور بوده و چشم از بین رفته است. مارماهیان دهان گرد دارای چشم‌های زیر پوستی هستند.

قدرت بینایی ماهیان بطور کلی ضعیف است. در اردک ماهی و قزل‌آلا قدرت بینایی زیاد است. مارماهی و کوسه ماهیان قدرت بینایی کمی دارند و در عوض از قدرت بویایی قوی بهره می‌برند.

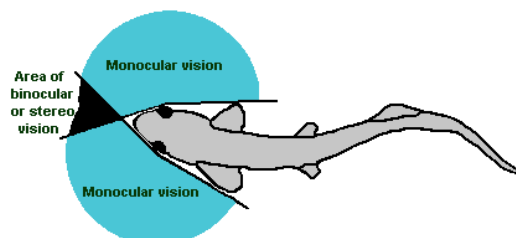
ماهیان فاقد پلک هستند ولی چشم برخی از کوسه ماهیان واجد یک غشاء کلاهیک مانند است که بوسیله آن سطح قرنیه را تمیز می‌نمایند. برخی از ماهیان استخوانی نظیر کفال ماهیان، شگ ماهیان، تن ماهیان نیز دارای یک پلک از بافت چربی برای حفاظت چشم هستند.

ساختمان چشم ماهیان شبیه مهره داران عالی تر است. عدسی چشم ماهیان استخوانی کروی و متراکم است این در حالی است که عدسی چشم ماهیان الاسموبرانش تا حدی محدب است. نور از طریق قرنیه وارد چشم شده و پس از عبور از مردمک به عدسی می‌رسد. ضریب شکست نور در چشم ماهیان برابر با ضریب شکست آب است و بنابراین اجسام را سر جای خود می‌بینند. اکثر گونه‌های ماهیان اندازه مردمک ثابت است و برای تمرکز کردن عدسی را بوسیله عضلات به عقب و جلو می‌برند. اما در الاسموبرانش‌هایی نظیر کوسه و سپر ماهی چشم واجد عنبیه عضلانی است که به مردمک این اجازه را می‌دهد تا قطر خود را تنظیم کند. نور پس از عبور از عدسی از میان یک مایع شفاف تحت عنوان زجاجیه عبور کرده تا به شبکیه برسد که واجد گیرنده‌های نوری است. شبکیه دو نوع سلول میله‌ای یا استوانه‌ای (تشخیص نور) و مخروطی (تشخیص رنگ) دارد.



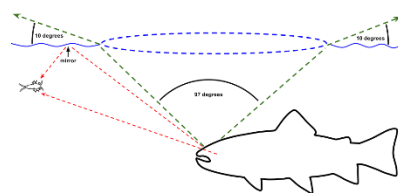
ساختمان داخلی چشم

وسعت دید پیرامونی ماهیان ۳۳۰ درجه است و دو چشم در جلوی سر زاویه‌ای برابر با ۲۰ تا ۳۰ درجه تشکیل می‌دهند که منطقه دید دو چشمی ماهی می‌باشد.



بعلاوه ماهی قادر است اشیاء خارج آب را که در زاویه بین دو چشم ۹۷ تا ۹۸ درجه قرار گرفته‌اند

ببیند.

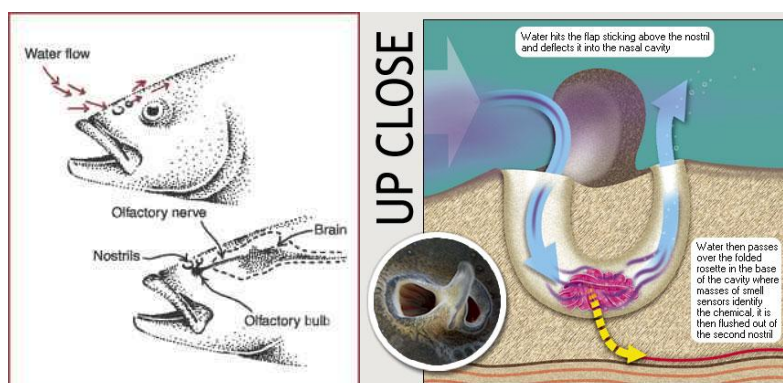


محل اتصال چشم در ماهیان متفاوت است و ممکن است میانی، بالایی و یا پایینی باشد. در گاو ماهی چشم‌ها در بالای سر قرار گرفته‌اند و در کپور سر گنده چشم‌ها اتصال پایینی دارند.

اندام بویایی

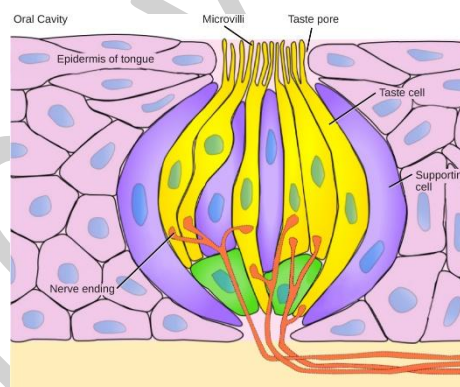
ماهیان دارای دو سوراخ بینی هستند که عموماً در جلوی چشم‌ها قرار دارند و ارتباطی با حفره دهانی ندارد. البته در ماهیان شش‌دار بین حفره بینی و حلق و دهان ارتباط وجود دارد. اغلب ماهیان یک جفت سوراخ بینی دارند ولی گربه ماهیان و مارماهیان که قدرت بویایی بالایی دارند، ۲ زوج سوراخ بینی وجود دارد. این ماهیان دارای پیاز بویایی طویل و گیرنده‌های بویایی فراوان بوده و پیازهای بویایی در محل اندام بویایی واقع شده‌اند. در آزاد ماهی حس بویایی نقش مهمی در شناسایی و تعیین محل رودخانه جهت تخم ریزی ایفاء می‌کند. مارماهیان دهان گرد تنها یک سوراخ بینی دارند. در کوسه ماهی و سپر ماهی سوراخ‌های بینی در زیر سر قرار دارند.

ماهیان برای یافتن غذا و شناسایی محیط (حضور دشمن) از اندام بویایی استفاده می‌کنند. در کف سوراخ‌های بینی حفره بویایی قرار دارند که گیرنده‌های بویایی را در بر می‌گیرند. هر سوراخ توسط یک چین پوستی (Flap) به دو قسمت تقسیم می‌شود و هنگام شنا آب از یک طرف وارد و پس از گذر از حفره بویایی از طرف دیگر خارج شده و بدین ترتیب با تحریک گیرنده‌های بویایی پیام به مراکز بویایی ارسال شده و در نهایت آب از طرف دیگر به خارج پمپ می‌شود.



اندام چشایی (Gustatory Organs)

گیرنده‌های چشایی تحت عنوان جوانه‌های چشایی (taste bud) شناخته شده که لایه اپیدرم قرار دارند. هر جوانه چشایی واجد تعداد زیادی سلول‌های گیرنده چشایی است. و در رأس سلول‌های گیرنده چشایی پرزهای چشایی قرار دارند که در رأس در مجاورت مولکول‌های مواد غذایی قرار می‌گیرند. اندام چشایی ماهیان بطور معمول داخل دهان و لب‌ها و ناحیه حلق متمرکز هستند، ولی گاهی بروری کمان‌های آبششی، سبیلک‌ها، سوراخ‌های رأسی بالا و پایین سر و شعاع باله‌ها نیز دیده می‌شوند. در ماهیان کفزی نظیر گربه ماهیان گیرنده‌های چشایی عمدتاً بروی پوست، باله‌ها و سبیلک‌ها قرار دارند.



ساختار گیرنده چشایی

سبیلک‌ها (Barbles):

ماهیان استخوانی عالی اغلب فاقد سبیلک هستند، ولی برخی ماهیان استخوانی و غضروفی نظیر ماهیان خاویاری، گربه ماهیان و برخی کپور ماهیان واجد سبیلک می‌باشند. این عضو دارای پرزهای چشایی بوده و به عنوان اندام چشایی بطور عمده در اطراف ناحیه دهانی مشاهده می‌شوند. تعداد و شکل و اندازه سبیلک‌ها برای تشخیص تفریقی ماهیان استفاده می‌شود.

لای ماهی (*Tinca tinca*) دارای سبیلک‌های کوچکی است.

سس ماهی (*Barbus spp.*) ۲ زوج سبیلک بزرگ دارد.

اسبله ماهی (*Silurus glanis*) ۱ زوج سبیلک بلند و ۲ زوج کوتاه دارد.

کپور معمولی (*Cyrinus carpio*) ۱ زوج سبیلک بزرگ و ۱ زوج کوچک دارد.

اسبله جنوب (*Bagridae*) ۴ زوج سبیلک دارد.

هشت شاخ (Heteropneustes) 4 جفت سبیلک بلند دارد.

سگ ماهی جویباری (Cobitidae) ۳ تا ۶ جفت سبیلک دارد.

اندام لامسه (Tactile Organs)

برخی ماهیها واجد حس لامسه هستند که به خوبی توسعه یافته است. این اندام از شاخه های عصب سه قلو و صورت عصب منشاء می گیرند. این شاخه های عصبی شبکه عصبی در هم پیچیده ای را در لایه درم تشکیل داده و سپس از لایه اپیدرم عبور کرده و بصورت پایانه های عصبی آزاد در سطح اپیدرم قرار می گیرند. این پایانه های عصبی در اطراف دهان و بر روی سبیلک ها، زائده های مختلف پوستی، شعاع های آزاد باله ها، پوسته و دانه های تولید مثلی بوفور یافت می شوند. اهمیت این اندام ها در جهت یابی و بروز رفتارهای تولید مثل، دفاعی، اکتشافی، و یافتن غذا می باشد. بعلاوه این اندام نقش مهمی در تعیین بافت و جذابیت مواد غذایی دارد.

دستگاه گردش خون

هر اندام و سلولی در بدن در ارتباط مستقیم با سیستم گردش خون است. این سیستم لازمه ادامه حیات سلول ها، بافت ها و هر موجود زنده می باشد. وظیفه دستگاه گردش خون عبارت از رساندن اکسیژن و مواد مغذی به بافت ها و سلول ها و حذف دی اکسید کربن و سایر مواد زائد متابولیکی از طریق خون می باشد.

سیستم گردش خون اکثر ماهیان یک سیستم بسته است اما در هاگ فیش ها سیستم باز و بسته گردش خون دیده می شود. جریان خون ماهیان یک جریان یکطرفه به سمت آبششها (به استثنای ماهیان شش دار) بوده و همانند سایر مهره داران متشکل از دو بخش داینامیک و استاتیک است.

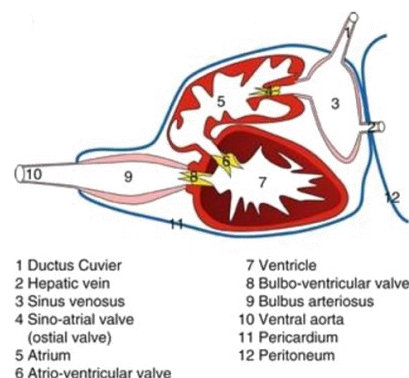
بخش داینامیک: شامل خون است که از وظیفه انتقال مواد غذایی، گازهای تنفسی و زوائد متابولیکی و ... را بر عهده دارد.

بخش استاتیک: شامل قلب، عروق خونی و شبکه مویرگی است.

قلب

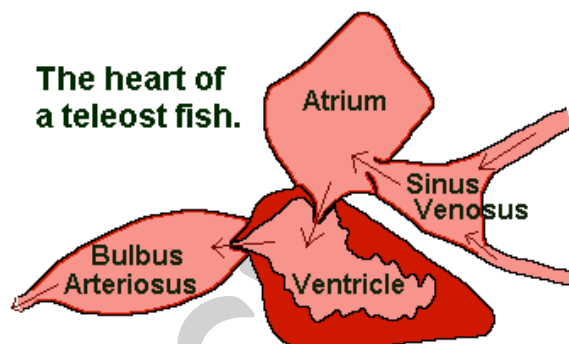
قلب در ماهیان از ضعیف ترین و ساده ترین نوع قلب در میان مهره داران است که واقع در حفره یا پرده پریکارد در پشت و با فاصله اندکی از آبشش قرار گرفته و بطور مشخص از چهار حفره اصلی: سینوس وریدی، دهلیز، بطن و مخروط یا پیاز شریایی و یا هر دو تشکیل شده است.

۱. سینوس وریدی (Sinus venosus): واجد دیواره نازک الاستیکی است که به جریان خون کمک می کند. خون وریدی سرتاسر بدن را دریافت کرده و به قلب منتقل می کند. در محل اتصال سینوس وریدی به دهلیز چندین دریچه برای ممانعت از بازگشت خون وجود دارد.
۲. دهلیز (Atrium): این بخش قلب دارای دیواره نازک از بافت عضلات قلبی است و اولین مکانی است که امکان جریان ضرباندار خون را فراهم می کند. دهلیز حفره بزرگتری از سینوس وریدی دارد.
۳. بطن (Ventricle): بطن ساختاری کیسه مانند با دیواره ضخیم از جنس عضلات قلبی است و از دو لایه خارجی متراکم عضلانی که عموماً اکسیژن و مواد غذایی را از سرخرگ کرونر دریافت می کند و یک لایه داخلی اسنفجی که اکسیژن و مواد غذایی مورد نیاز را از خون درون خود بدست می آورد، تشکیل شده است. لایه اسنفجی قادر است مقادیر زیادی خون را در حفرات خود جای دهد، لذا حجم این حفره از دهلیز بیشتر است. بواسطه شکل هندسی خاص بطن و عضلات سفت این ناحیه بیشترین فشار خون در این قسمت قلب رخ می دهد.
۴. مخروط شریانی (bulbus cordis یا conus cordis): این بخش از قلب از عضلات قلبی تشکیل شده و جریان خون را از بطن دریافت می کند. مخروط شریانی دارای تعدادی دریچه است که از بازگشت خون به بطن جلوگیری می کنند. وظیفه این بخش حفظ جریان ضربان دار در خون می باشد، اما جریان خون در این بخش از دهلیز و بطن کمتر است. مخروط شریانی در ماهیان اولیه (پست) نظیر کوسه ماهیان، ماهیان گار و بافین ها دیده می شود، اما در ماهیان عالی این بخش تحلیل رفته و بصورت یک ساختار بسیار کوچک در آمده است و دارای تنها یک دریچه برای ممانعت از برگشت خون است. در عوض در این ماهیان مخروط شریانی بطن را به پیاز شریانی متصل می کند.
۵. پیاز شریانی (bulbus arteriosus): این بخش قلب دارای دیواره نازک از عضلات صاف غیر قلبی است که باعث می شود خون با فشار کم و یکنواختی به سمت آبشش ها جریان یابد تا بدین ترتیب از فشار ضربه ای خون جلوگیری شده و مانع از آسیب به بافت ظریف آبشش ها گردد.



قلب در ماهیان مختلف دارای تفاوت هایی می باشد:

قلب در ماهیان استخوانی از سینوس وریدی، دهلیز و بطن و پیاز شریانی تشکیل شده است. در اکثر ماهیان استخوانی مخروط شریانی تحلیل رفته و بصورت یک ساختار بسیار کوچک در آمده است و به جای آن پیاز شریانی وجود دارد.



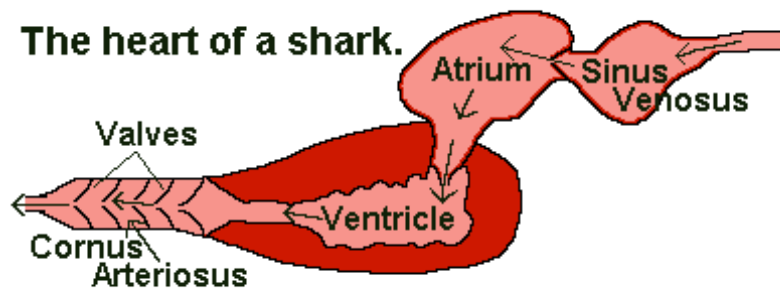
قلب در هاگ فیشها ابتدایی ترین نوع قلب در ماهیان است که دارای فشردگی کمتری بوده و سینوس وریدی در آن بخوبی توسعه یافته است. فشار خون این گروه از ماهیان از همه ماهیان دیگر کمتر است، لذا علاوه بر قلب و سیستم گردش خون، سینوس های خونی هم دارد تا جریان خون را در سرتاسر بدن برقرار کند. انواع قلب در هاگ فیشها عبارتند از:

- Caudal heart: در ناحیه خلفی بدن قرار داشته و خون سیاهرگی قسمت انتهایی بدن را از طریق سینوس خلفی به قلب اصلی منتقل می کند.
- Portal heart: خون ناحیه احشایی را به کبد و سپس از طریق ورید کبدی به قلب اصلی می رساند.
- Cardinal heart: در ناحیه سر واقع شده و از طریق ورید اصلی خون سیاهرگی این بخش را به قلب اصلی منتقل می کند.
- Branchial heart (قلب اصلی): دارای پیاز شریانی ارتجاعی برای کمک به حفظ جریان خون است و مجاری کویه چپ توسعه یافته است. دهلیز با یک رابط باریک به بطن عضلانی متصل شده و قسمت قاعده پیاز شریانی آئورت شکمی را شکل می دهد و واجد دریچه های نیم هلالی است.

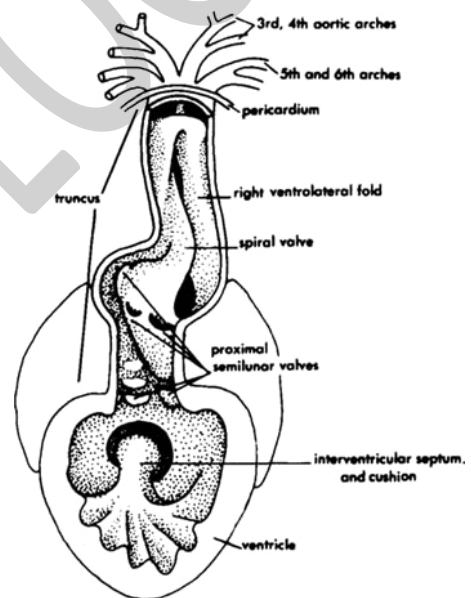
قلب در لامپریها بسیار فشرده تر بوده و واجد سینوس وریدی کوچک است. اندازه قلب بزرگتر از سایر ماهیان می باشد و دهلیز روی بطن را می پوشاند. واجد پیاز شریانی هستند. مجرای کویه راست توسعه یافته است.

در قلب الاسموبرانشها سینوس وریدی، دهلیز، بطن و مخروط شریانی بخوبی توسعه یافته اند. این مخروط ۳- ۵ جفت دریچه دارد که مانع از بازگشت خون به قلب می شود. حفره پریکارد سفت و محکم است که کمک به خاصیت ارتجاعی قلب در میان انقباضات کرده و باعث پر شدن قلب از خون می شود. مجرای کویه راست و چپ نیز توسعه یافته است.

The heart of a shark.



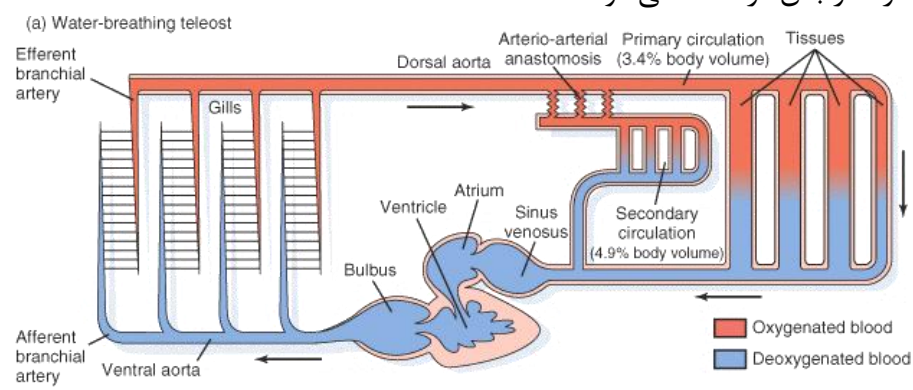
در ماهیان شش دار دهلیز و بطن بوسیله یک دیواره ناقص به دو قسمت تقسیم شده است. مخروط شریانی خمیده و واجد دریچه مارپیچی است که باعث جدا شدن دو جریان می شود. میزان جداسازی خون سیاهرگی و سرخرگی بسته به میزان اتکاء ماهی به هوا است.



گردش خون در ماهیان

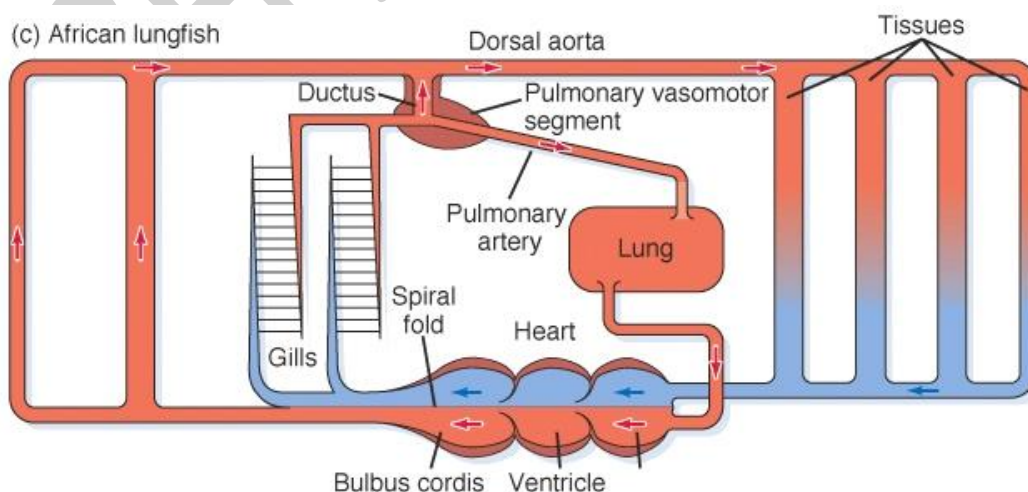
- ۱- سینوس وریدی خون بدون اکسیژن را از سرتاسر بدن دریافت کرده و از طریق دریچه دهلیزی-بطنی به دهلیز می فرستد.
- ۲- دهلیز پس از دریافت خون بدون اکسیژن آنرا از طریق دریچه دهلیزی-بطنی به دورن بطن پمپ می کند.
- ۳- بطن که بزرگترین حفره قلب است و کاملاً عضلانی است با ایجاد انقباض خون را بدرون پیاز شریانی یا مخروط شریانی تخلیه می کند.
- ۴- پیاز یا مخروط شریانی خون را به آئورت شکمی و سپس از طریق سرخرگهای آوران آبششی به آبششها می فرستد.

- ۵- خون وارد شبکه مویرگی شده و تبادل گازی در تیغه‌های آبششی ثانویه انجام می‌شود.
- ۶- در نهایت خون پر اکسیژن از طریق سرخرگ وایران آبششی و آئورت پشتی به اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌های سرتاسر بدن فرستاده می‌شود.



گردش خون در ماهیان شش‌دار

۱. خون اکسیژن دار ورید ریوی وارد سمت چپ دهلیز و سپس سمت چپ بطن شده و در نهایت به سمت چپ مخروط شریانی را می‌یابد. خون سمت چپ قلب به اولین و دومین کمان آبششی رفته و پس از تبادل گازی، خون پر اکسیژن از طریق آئورت پشتی به اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌های سرتاسر بدن فرستاده می‌شود.
۲. خون سیاهرگی بدون اکسیژن وارد سینوس وریدی شده و به سمت راست دهلیز و آنگاه سمت راست بطن و سمت راست مخروط شریانی می‌رود. سپس خون سیاهرگی بدون اکسیژن وارد سایر کمان های آبششی شده و پس از تبادل گازی خونی که اندکی اکسیژن دار است به شش‌ها رفته و پس از خروج از شش‌ها مجدداً به قلب باز می‌گردد. اما اینار خون وارد سمت چپ قلب شده و چرخه خون به صورت مرحله یک تکرار می‌شود.



خون

خون نوعی بافت همبند است که شامل سلولهای خونی (شامل اریتروسیتها و لوکوسیت ها، ترومبوسیتها) ، رشته ها و پلاسما (پایه از آب و یون ها مثل Na و Cl و مولکولهای آلی مثل اوره، قند، اسیدهای چرب و پروتئین) می باشد. حجم خون بر اساس سلسله مراتب تکاملی کاهش می یابد زیرا سیستم گردش خون پیشرفته تر می شود.

- هگ فیشها: ۱۷٪ کل وزن بدن
- لامپری: ۸/۵٪ کل وزن بدن
- ماهیان غضروفی: ۶-۸٪ کل وزن بدن
- تن ماهیان: ۸٪ کل وزن بدن
- آزاد ماهیان: ۵-۷٪ کل وزن بدن

وظایف خون:

- انتقال گازهای تنفسی (O_2 و CO_2) بین اندامهای تنفسی و بافتها
- انتقال محصولات دفعی تنفسی از بافتها به اندام های دفعی (آبشش، کلیه، ...)
- انتقال مواد غذایی از دستگاه گوارش با بافتها
- انتقال متابولیتهایی نظیر اسید لاکتیک از اندامها به کبد
- انتقال هرمون ها
- انتقال سایر سلولها نظیر گلبولهای سفید
- تثبیت محیط داخلی مناسب برای سلولها
- حمل ترکیبات دخیل در سیستم ایمنی

اریتروسیتها (Erythrocyte):

گوپچه‌های سرخ ماهیان هسته دار و بیضی شکل هستند (در لامپری کروی می‌باشند) که بزرگترین اندازه را در ماهیان ششدار دارند. اندازه آن در ماهیان غضروفی برابر با ۲۰-۲۷ میکرون و در ماهیان استخوانی برابر با ۱۲-۱۴ میکرون است. تعداد گلبول قرمز و هماتوکریت (ماهی استخوانی = ۱۰-۳۰٪، الاسموبرانش = ۲۵٪) بستگی به اندازه ماهی، فصل، دما، تغذیه و ... دارد. عموماً در کلیه و طحال (ماهیان استخوانی) ساخته می‌شود.

هاگ فیش: بافت مزودورم دستگاه گوارش

لامپری: بافت چربی طناب پشتی

الاسموبرانش: اندام لیدیک، اپیگونال، رأس کلیه و طحال

استخوانی: کلیه و طحال

خواباری: کلیه، طحال، جمجه، بافت لنفوئیدی (تیموس)

رنگ قرمز اریتروسیته‌ها بواسطه وجود همو گلوبین (haemoglobin) یا میوگلوبین (Myoglobin) در لامپری‌ها است. همگلوبین از یک بخش پروتئینی گلوبین و هم واجد رنگدانه قرمز (محتوی آهن) تشکیل شده است. هموگلوبین تترامر است، در حالیکه در لامپری‌ها مونومر می باشد. هموگلوبین اکسیژن را بصورت ترکیب با آهن هم انتقال می دهد، این ترکیب برگشت پذیر بوده و بستگی به فشار نسبی اکسیژن دارد.

برخی ماهیان قطب (Channichthyidae) و لپتوسفال (Leptocephalus) مارماهی فاقد گلبول قرمز هستند و بنابراین خون این ماهیان بی رنگ است.

لوکوسیتها (Leukocyte):

تعداد لوکوسیتها نسبت به اریتروسیته‌ها کمتر است (۱۵۰ هزار عدد/mm³) و تعداد آن نسبت عکس با وضعیت بهداشتی ماهی دارد. انواع گلوبولهای سفید شامل؛ مونوسیتها، گرانولوسیتها، لنفوسیتها که در سیستم ایمنی بدن نقش دارند و ترومبوسیتها که در انعقاد خون دخیل می باشند.

اندام سازنده این سلولهای از سلولهای هموسیتوبلاست اندام های کلیه، طحال و اندام لیدیگ (الاسموبرانشها) است.

پلاسما

پلاسما بخش مایع خون است که سایر اجزاء خونی و نیز ترکیبات دیگر شامل غذا، هورمونها، تولیدات زائد و .. در آن شناور هستند. پایه این ماده آب است که تنوعی از یونها نظیر سدیم، پتاسیم و کلسیم و مولکولهای آلی نظیر اوره، قند و اسیدهای چرب در آن محلول می باشند.

دستگاه تنفس (Respiratory System)

تنفس عبارت است از جذب اکسیژن و دفع گاز کربنیک که هم به عمل کلی جاندار و هم در سطح سلول اطلاق می شود. این تبادل گاز در آبزیان بطور عمده از طریق انتشار انجام شده و یکسری رنگدانه هموگلوبین در ماهیان و هموسیانیین در سخت پوستان در امر تنفس نقش دارند.

نیاز اکسیژنی ماهیان: ماهیان از نظر نیاز اکسیژنی به ۳ گروه عمده تقسیم می شوند:

۱- ماهیانی که نیاز اکسیژنی بالایی دارند نظیر آزاد ماهیان که عمدتاً در آبهای سرد کوهستانی که سرشار

از اکسیژن است، زندگی میکنند. در این ماهیان ارتباط سرپوش آبشش با بدن کم است و بدین ترتیب قابلیت تبادل گازی بالایی دارند. البته گونه *Timalus timalus* نیاز اکسیژنی کمی دارد.

۲- ماهیانی با نیاز اکسیژنی متوسط نظیر اردک ماهی، سوف و فیتوفاگ که در این ماهیان ارتباط سرپوش آبششی بیشتر است و از قسمت زیرین بهم متصل هستند.

۳- ماهیانی با نیاز اکسیژنی کم نظیر کپور، کاراس، سیم و لای ماهی که در اینها ارتباط سرپوش آبششی با هم و با بدن زیاد است. در برخی از ماهیان مانند مارماهی این ارتباط به قدری زیاد است که تنها شکاف کوچکی در ناحیه آبشش دیده می شود.

میزان اکسیژن موجود در آب برابر با ۱ درصد است که در مقایسه با میزان آن در هوا (۲۰٪) به مراتب کمتر می باشد. بنابراین ماهیان نیازمند سطح تنفسی وسیعی برای دریافت اکسیژن از آب هستند. علاوه بر این لازم است سطح تنفسی مورد نظر نازک و ظریف بوده و در عین حال بخوبی حفاظت شده باشد. همچنین به منظور حلالیت گازها جهت انتشار سطحی مرطوب مورد نیاز می باشد. آبشش ها بعنوان اصلی ترین اندام تنفسی در ماهیان واجد تمامی این ویژگی ها هستند:

- سطح تنفسی وسیع و مرطوب
- غشاء نازک و نفوذ پذیر
- مسیر انتشار کوتاه
- شبکه مویرگی وسیع
- شیب انتشار مناسب گازها

آبشش ها

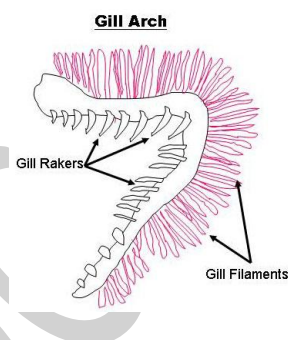
در ماهیان استخوانی آبششها بصورت ۴ صفحه آبششی در هر طرف بدن (طرفین حلق) درون حفره آبششی قرار گرفته اند و توسط صفحات استخوانی تحت عنوان سرپوش آبششی حفاظت می شوند. در ماهیان الاسموبرانش (کوسه ماهیان و سپر ماهیان) ۵ تا ۷ جفت آبشش داخل شکافهای آبششی که در دو طرف سر یا زیر آن واقع شده اند قرار داشته و در مارماهیان دهان گرد ۷ جفت آبشش درون منافذ آبشش قرار دارند.

هر صفحه آبشش از سه قسمت تشکیل شده است:

- ۱- کمان آبششی (Gill arch) که واجد بافت استخوانی و غضروفی است.
- ۲- رشته های آبششی (Gill filament) که بروی کمان آبششی قرار داشته و بصورت زوج می باشند و به آنها رشته های آبششی اولیه (Primary gill lamella) نیز می گویند و ساختار شانه مانند دارند. بروی رشته های آبششی اولیه، تیغه های آبششی (gill lamella) قرار گرفته اند که عمل تنفس در حقیقت توسط آنها انجام می شود، لذا به آنها صفحات تنفسی (Respiratory platelets) یا رشته های ثانویه آبششی (scondary gill lamella) نیز می گویند. در ماهیانی که نیاز اکسیژنی بالایی

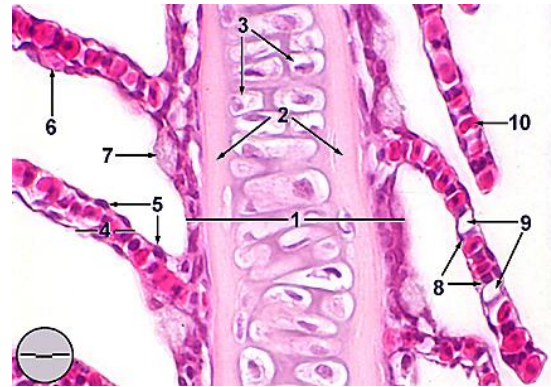
دارند و یا شناگران سریعی هستند سطح صفحات تنفسی بسیار وسیع است. در تن ماهیان این سطح نسبت به بدن ۲۵۵۱ می باشد.

۳- خارهای آبششی (Gill rakers) در قسمت زیرین کمان آبششی واقع شده‌اند و تعداد، اندازه و ضخامت آنها در ماهیان مختلف متفاوت است و در امر تغذیه دخالت دارند. در ماهیان پلانکتونخوار خارهای آبششی، طویل، نازک و متعدد هستند. علاوه بر این با بدام انداختن مواد زائد مانع از آسیب رسیدن به بافت آبشش‌ها می‌شوند.



سلول‌های مهم در آبشش‌ها:

- سلول‌های جامی شکل (Goblet cells): ترشح موکوس را برعهده داشته و بروی تیغه‌های آبششی یافت می‌شوند.
- سلول‌های کلراید (Chloride cells): سلولهای فعال حاوی میتوکندری فراوان بوده و در قاعده تیغه‌های آبششی دیده می‌شوند. در ماهیان دریایی تعداد این سلولها بیشتر است و در تنظیم اسمزی نقش دارند. در ماهیان مهاجر از آب شیرین به آب شور به تدریج بر تعداد و اندازه این سلول‌ها افزوده می‌شود.
- سلولهای ستونی (Pillar cells): سلولهای پشتیبان (supporting cells) نیز نامیده میشوند. نقش حمایتی داشته و در تحرک گلبولهای قرمز نقش دارند. بیشتر در تیغه‌های آبشش قرار دارند.
- سلولهای نوراپیتلیال (neuroepithelial cells): این گروه سلولی، انتقال دهنده عصبی واجد سنسورهای شیمیایی تشخیص اکسیژن هستند که در لایه نازک بافت اپیتلیوم رشته‌های آبششی و صفحات تنفسی حضور دارند.
- سلولهای پیش‌رو (progenitor cells): در قاعده رشته‌های آبششی قرار دارند.
- Rodlet cells: لنفوسیتها، ماکروفاژها و سلولهای فرعی



Gill filament, sagittal section through cartilaginous support : (Formalin, H&E, Bar = 15.6 μm). 1. primary lamella; 2. Extracellular cartilaginous matrix; 3. chondrocytes; 4. secondary lamella; 5. Epithelial cell; 6. mucous cell; 7. chloride cell; 8. pillar cell; 9. lacuna (capillary lumen); 10. red blood cells within lacuna.

اعمال آبشش:

- ۱- تنفس یا تبادلات گازی: دفع CO_2 به محیط و جذب اکسیژن
- ۲- تنظیم اسمزی: نقل و انتقال فعالانه یونها
- ۳- تنظیم اسیدیته بدن: تبادلات یونهای کلر، سدیم، HCO_3^- ، NH_4^+
- ۴- دفع مواد نیتروژنی حاصل از متابولیسم پروتئینها
- ۵- نقش دفاعی: موکوس مترشحه حاوی مواد ضد میکروب که بعنوان سد دفاعی عمل می کنند و حضور لنفوسیتها و ماکروفاژها
- ۶- نقش تغذیه ای: با کمک خارهای آبششی

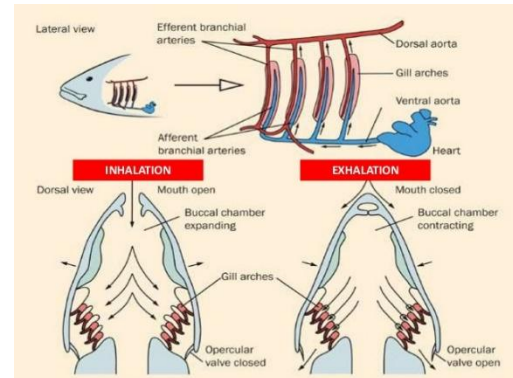
تنفس

تنفس در ماهیان توسط پمپ دهانی-آبششی (Operculum Buccal pump) انجام می شود. با کمک این پمپ آب فقط در یک جهت بروی آبششها جریان می یابد. پمپ دهانی بوسیله فکها ایجاد می شود و پمپ آبششی با حرکات سرپوش آبششی شکل می گیرد. بدین ترتیب حرکات دهان و سرپوش آبششی نیروی لازم جهت تهویه را فراهم ساخته و اختلاف فشار بین حفرات دهانی و آبششی باعث جریان یکطرفه آب به سمت آبششها می شود که با صرف انرژی زیادی همراه است. فشار حفره آبششی کمتر از حفره دهانی است. این پمپ در اکثر ماهیان استخوانی وجود دارد. مراحل تنفس به شرح ذیل است:

- ۱- ماهی دهان خود را باز کرده، حفره دهانی متسع شده و سرپوش آبششی بسته می شود و بدین ترتیب

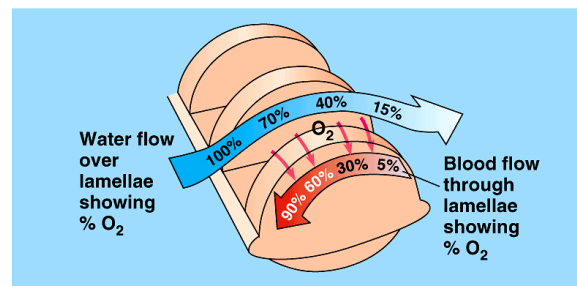
آب بداخل حفره دهانی کشیده می شود.

۲- ماهی دهان خود را می بندد، حفره دهانی منقبض شده و سرپوش آبششی باز می شود و سپس آب با فشار از میان رشته های آبششی عبور کرده و تبادل گازی انجام می شود.



مکانیسم عملکرد پمپ دهانی - آبششی در ماهیان

مکانیسم تبادل گازی در آبششها بر اساس جریان متقابل (Countercurrent) است. به منظور تبادل بهیبه گازی بین آب و آبشش، جهت جریان آب و جهت جریان خون در آبششها در مقابل یکدیگر است. خون سیاهرگی و فاقد اکسیژن از طریق رگ آوران وارد کمان آبششی و سپس رشته های آبششی شده و در تیغه های آبششی ایجاد شبکه میرابل میکند که جهت جریان آب مخالف جهت جریان خون است. در اینجا تبادل گازی انجام شده و خون غنی از اکسیژن از آبششها خارج می گردد. بدین ترتیب شیب مناسب برای انتشار گازها بطور دائم فراهم می باشد. همچنین مویرگها همیشه با غلظت بالایی از اکسیژن در تماس قرار گرفته و در نتیجه ۸۰ درصد اکسیژن در دسترس از آب اخذ می گردد.

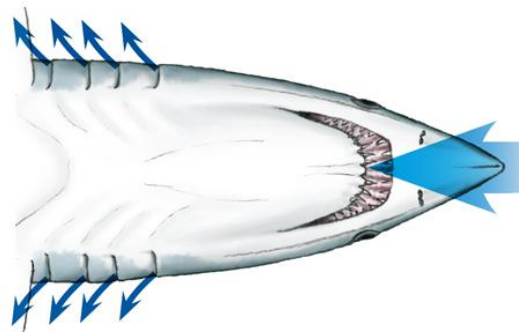


مکانیسم تبادل گازی جریان متقابل در سطح تیغه های ثانویه آبششی

تهویه فشاری (Ram ventilation)

این سیستم در ماهیانی با نیاز اکسیژنی شدید که شناگران سریعی هستند (با سرعت بیش از ۰/۵ تا ۱ متر بر ثانیه) نظیر تن ماهیان و کوسه ماهیان بکار می رود. این ماهیان در سرعت بالا این سیستم را

جایگزین پمپ دهانی - سرپوش آبششی می کنند. که در این حالت در حالی که ماهی در حال شنا است، دهان و آبششها باز مانده، آب وارد دهان شده و سپس از آبششها خارج می شود، بدون آنکه پمپی صورت بگیرد. به این ترتیب مصرف انرژی به حداقل می رسد.



مکانیسم تهویه فشاری در کوسه ماهی

در ماهیان مناطق گرمسیری که میزان اکسیژن محلول در آب کم است، واجد آبششهای بزرگی هستند و بدین ترتیب سطح تنفسی آنها به حداکثر می رسد. همچنین میزان تنفس خود را در زمان کاهش اکسیژن افزایش می دهد.

سرفه کردن (Coughing)

ماهیان به منظور تمیز کردن آبششها و نیز به هنگام تحریک و جراحات آبششی، اقدام به سرفه می نمایند. در این حالت جریان آب برعکس است یعنی آب از حفره آبششی به سمت حفره دهانی و سپس به خارج حرکت میکند. حجم حفره دهانی به علت بسته بودن دهان، اضافه شده و فشار کم می شود و بدین ترتیب جریان از آبشش به حفره دهانی خواهد بود.

سایر اندام های تنفسی

پوست: در برخی ماهیان تبادل گازی از طریق پوست انجام می شود. انتشار از طریق پوست نقش مهمی در تنفس لارو ماهیان زمانیکه هنوز اندام تنفسی شان شکل نگرفته دارد. نظیر لارو ماهیان مونوپتروس (*Monopterus albus*) که قبل از تکامل، تنفس از طریق شبکه مویرگی وسیعی که درست در زیر سطح بافت پوششی باله های سینه ای و کیسه زرده است انجام می شود و یا مارماهی مهاجر که می تواند مسافتی را خارج از آب روی زمین مهاجرت کند.

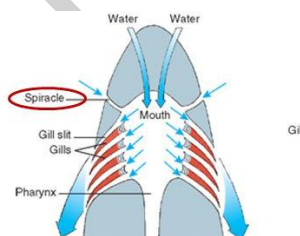
روده: در برخی ماهیان نظیر گربه ماهیان نواحی گرمسیری نظیر آنسیستروس (*Ancistrus* sp.) هوا از طریق بلع وارد دستگاه گوارش شده و در بخش های خاصی از روده جذب اکسیژن انجام می شود. در این ماهیان دفع دی اکسید کربن از طریق آبشش ها انجام می شود.

حفره دهانی: در مار ماهی الکتریکی حفره دهانی واجد شبکه خورسانی غنی است و بخش اعظم اکسیژن مورد نیاز ماهی را فراهم می آورد. در این ماهیان آبشش ها در خلال مسیر تکامل تحلیل رفته اند.

کیسه شنا: برخی ماهیان نظیر بافین، پلی پتروس و گار تبادلات گازی خود را از کیسه شای تغییر یافته انجام می دهند.

شش ها: در ماهیان شش دار نظیر پروتوپتروس (*Protopterus*) که واجد اندامی شبیه شش هستند، در دوره های خشکسالی از هوا تنفس می کنند.

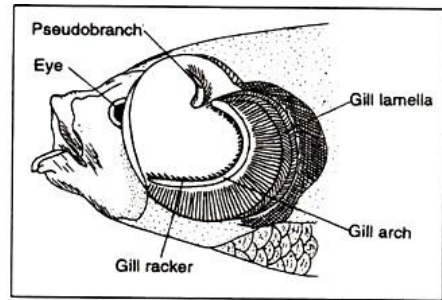
مجرای تنفسی (Spiracle): در ماهیان غضروفی نظیر ماهیان خاویاری و ماهیان غضروفی تنفس از طریق ۵ تا ۷ جفت آبشش که در دو طرف سر واقع شده اند انجام می شود. که یک جفت از این آبشش ها تبدیل به اندام تنفسی اسپیراکل شده است. در کوسه ماهیان سوارخهای اسپیراکولوم بلافاصله پشت چشم ها قرار دارند. در حالی که در ماهیان خاویاری از چشمها فاصله دارند. این سوراخها در امر تنفس ماهیان کفزی نقش دارند. این امر بویژه زمانیکه ماهی در حال استراحت بروی بستر بوده و قادر به تنفس از طریق پمپ دهانی نیست اهمیت دارد.



مجرای اسپیراکل

آبشش کاذب (pseudobranch)

این اندام در اکثر ماهیان تحلیل رفته و در اندام های دیگر مانند حلق و حفره دهانی واقع شده و قابل روئیت نمی باشد. برخی ماهیان نظیر مارماهی مهاجر و گربه ماهی فاقد این اندام هستند، این در حالی است که در تن ماهیان و ماهیان خاویاری آبشش کاذب در زیر سرپوش آبششی و چسبیده به آن قابل روئیت است. این اندام از نظر ظاهری و ساختمانی شبیه آبشش است ولی رشته آبششی آن جفت نیست و تنها یک رشته از کمان آبششی منشعب می شود.



موقعیت شبه آبشش در یک ماهی استخوانی

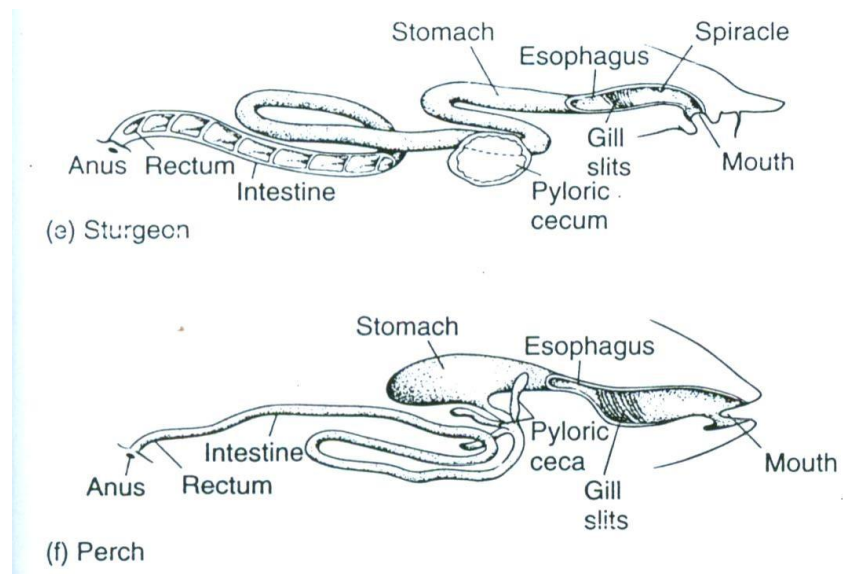
آبشش کاذب

وظایف آبشش کاذب

- ۱- خونرسانی به شبکه کروئید (مشمیه) چشم: جریان خون را تنظیم کرده و باعث می شود خون بیشتری به این شبکه برسد.
- ۲- بعنوان غده اندکین عمل کرده و تخریب آن باعث تغییر رنگ شده و در تجمع ملانوفورها نقش دارد.
- ۳- واجد اعصاب فراوان بوده و نقش حسی دارد، به تغییرات فشار بخصوص در حفره آبششی حساس است. فشار حفره آبششی را تنظیم می کند.
- ۴- نقش آنزیمی و ترشح آنزیم انیداز کربنیک است که در تعادل اسیدی خون و خروج دی اکسید کربن از بافتها نقش دارد.

دستگاه گوارش (digestive system)

دستگاه گوارش از دهان شروع شده و به مخرج ختم می شود و شامل محوطه دهانی، حلق، مری، معده (برخی ماهیان فاقد معده مشخصی هستند)، روده و مخرج می باشد.



مقایسه دستگاه گوارش ماهی خاویاری (بالا) و سوف (پایین)

حفره دهانی (bucal cavity)

موقعیت، اندازه و نوع دهان بر اساس عادات غذایی ماهیان متفاوت می باشد.

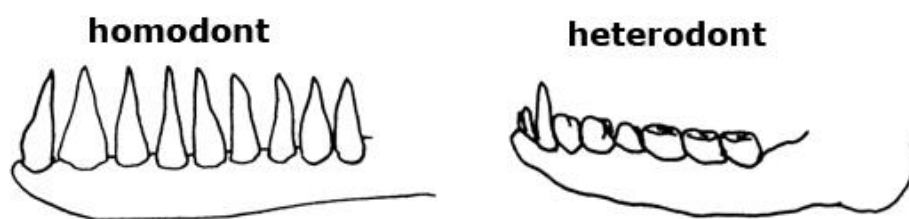
موقعیت دهان:

- زیرین یا فوقانی: که عمدتاً در ماهیانی که از سطح آب تغذیه می کنند نظیر گویی، دیده می شود. البته در ماهی زمین کن (Platycephalidae) که ساکن در بستر اقیانوس است نیز دهان فوقانی می باشد.
- میانی یا انتهایی: که در اغلب ماهیان استخوانی نظیر قزل آلا، کپور و ماهی سفید دیده می شود.
- زیرین: عمدتاً در ماهیانی که از بستر تغذیه می کنند دیده می شود، نظیر سیاه ماهی و ماش ماهی.

در برخی ماهیان دهان بطور کامل در زیر سر قرار گرفته است مانند کوسه ماهیان، سپر ماهیان و ماهیان خاویاری.

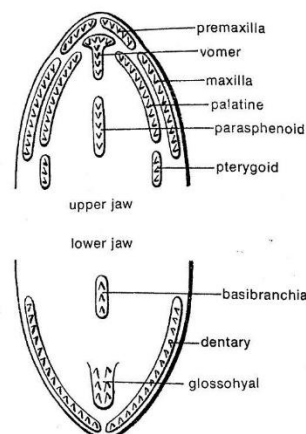
اندازه و شکل دهان: ماهیان غارتگر نظیر اردک ماهی، باراکودا و کوسه ماهیان دهان بزرگی دارند. دهان در دهان گردان بصورت یک صفحه مکنده درآمده که با کمک آن به بدن ماهیان چسبیده و بوسیله دندانهای نوک تیز مانند مته بدن ماهی را سوراخ کرده و از خون و گوشت آنها تغذیه می کند.

دندانها: بسیاری از ماهیان فاقد دندان هستند که دندانها عمدتاً برای گرفتن طعمه مورد استفاده قرار گرفته و در ماهیان مختلف شکل آنها متفاوت است. کوسه ها دارای دندان تیز و فراوان و در چندین ردیف هستند و گرگ ماهی دندان بزرگی دارد. آزاد ماهیان و بسیاری از ماهیان استخوانی دارای دندانهای ریز و تیز فراوانی هستند. دندان در ماهیان توسط ماده‌ای شبیه مینا پوشیده شده که با پوشش مینای دندان سایر مهره‌داران متفاوت است. علاوه بر این دندان در ماهیان فاقد اعصاب می‌باشد. در اکثر ماهیان دندان‌های از دست رفته توسط دندان‌های واقع در زیر دندان قبلی قابل جایگزینی هستند. دندان‌های یک شکل در ماهیان تحت عنوان همودونت (homodont) و انواع غیر هم شکل هتروودونت (heterodont) خوانده می‌شوند.



دندانها بروی استخوانهای زیر قرار گرفته اند:

- در فک بالا: استخوان پیش فکی و فکی و گاهی استخوان تیغه ای یا وومر. در آزاد ماهیان استخوانهای کام و رجلی نیز ممکن است دندان داشته باشند.
- در فک پایین: استخوان دندانی، روی زبان، استخوان زبانی-لامی



معمولاً در بسیاری از ماهیان استخوانی نظیر کپور ماهیان پنجمین کمان ابششی در هر دو طرف تحلیل رفته و در قسمت تحتانی بصورت یک جزء منفرد در می‌آید. بروی این استخوان دندان‌های حلقی قرار می‌گیرند (pharyngeal teeth) که در کپور ماهیان دنداندار (Cyprinodontiformis) نیز مشاهده می‌گردد. این دندان‌ها وظیفه له کردن و نرم کردن غذا را بر عهده دارد. وضعیت دندان‌های حلقی، شکل، تعداد آنها در ماهیان مختلف متناسب با رژیم غذایی فرق می‌کند و جزء مشخصه‌های شناسایی گونه‌های مختلف ماهیان

می‌باشد. دندان‌های حلقی در کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon* sp.) شانه‌ای و یا در کپور سیاه (*Myliopharyngodon* sp.) که از حلزون‌ها و صدف‌ها تغذیه می‌کند، آسیابی شکل است.

زبان: در اغلب ماهیان رشد کمی داشته و فاقد غدد چشایی بوده و در برخی ماهیان بروی آن دندان قرار دارد.

خارهای آبششی (gill rakers)

خارهای آبششی همانند یک صافی عمل کرده و به آب اجازه می‌دهند تا از میان رشته‌های آبششی عبور کرده و از طریق سرپوش آبششی به بیرون منتقل شود، اما مواد غذایی را به سمت مری منحرف می‌کنند. در ماهیان گوشتخوار، خارهای آبششی کوتاه و ضخیم بوده و بدین ترتیب مانع از آسیب رساندن مواد غذایی به آبشش شده و از فرار شکار جلوگیری می‌کنند. ماهیانی که از مواد غذایی ریز تغذیه می‌کنند، خارهای آبششی طویل و ظریفی داشته و در ماهیان فیلتر کننده این خارها بسیار بلند بوده و برای بدام انداختن پلانکترها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تیلاپیا واجد خارهای آبششی ظریف به‌مراه لایه از موکوس است که به آسانی جلبک‌های کوچک را بدان انداخته و به سمت مری می‌فرستند. این روش صید بسیار ساده‌تر از فیلتر کردن می‌باشد.

حلق (pharynx)

آب و غذا از طریق حفره دهانی به سمت حلق وارد شده و در این ناحیه آب به سمت آبشش‌ها و غذا به سمت مری می‌رود. در ماهیان مری کوتاه بوده و واجد سلولهای موکوسی است و گاهی نیز بعنوان یک غده بزاقی اختصاصی عمل می‌نماید. در برخی ماهیان برآمدگی‌های حلقی ایجاد شده به بلع غذا کمک می‌کند.

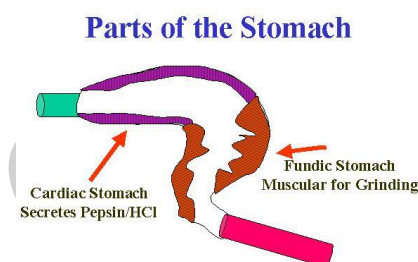
مری (esophagus)

بطور کلی مری در ماهیان یک بخش عضلانی کوتاه و قابل ارتجاع بوده و به معده یا روده ختم می‌شود. مری حاوی سلولهای موکوسی فراوانی و جوانه‌های چشایی است. همچنین مری علاوه بر هضم مکانیکی غذا در ترشح انزیمهایی مثل پپسین نیز دخالت دارد. قابلیت اتساع مری در ماهیان گوشتخوار نسبت به ماهیانی که از مواد غذایی زیر تغذیه می‌کنند بیشتر است. در butter fish مری واجد کیسه عضلانی است که در تولید موکوس، ذخیره سازی و آماده سازی غذا کمک می‌کند و در ماهیان خاویاری مری دارای پاپیل‌های مخروطی است که به حرکت و هدایت مواد غذایی کمک می‌کند.

معده (stomach)

معده در ماهیان V شکل و یا U شکل با دیواره ضخیم است. پپسین و اسید کلریدریک در معده ترشح می شود. معده دارای سه ناحیه مشخص می باشد:

- کاردیاک: بلافاصله در محل اتصال مری به معده واقع شده و واجد سلولهای ترشح کننده اسید فراوان است و فاقد غدد معدی می باشد.
- فوندویک: کیسه بسته‌ای که واجد غدد معدی فراوان است.
- پیلوریک: ممکن است فاقد غدد معدی باشد و واجد سلولهای ترشح کننده موکوس است و وظیفه کنترل خروج مواد غذایی هضم شده را بر عهده دارد.



بخش‌های مختلف معده

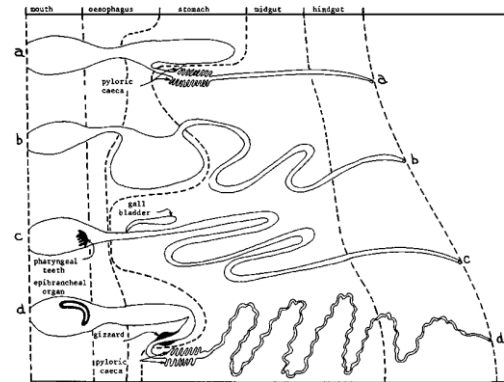
در ماهیان خاویاری معده شامل دو قسمت؛ پیش معده قدامی که قادر است ۳ تا ۵ برابر حالت استراحت متسع شود و لایه عضلانی ناحیه پیلوریک است که هایپرتروف شده و حالت سنگدانی یافته و قادر است مواد غذایی را له کند.

معده کفال ماهیان سنگدانی شکل با دیواره ضخیم است.

کپور ماهیان فاقد معده هستند و مری بطور مستقیم به روده وصل می شود. این ماهیان ترشح پپسین ندارند.

روده (intestine)

تشخیص قسمتهای مختلف روده حتی روده کوچک و بزرگ در ماهیان دشوار است و گاهی به سه بخش روده قدامی (foregut)، روده میانی (midgut) و روده خلفی (hindgut) و یا دو بخش قدامی (anterior) و خلفی (posterior) تقسیم می شود. ماهیانی که معده ندارند، مری بطور مستقیم به روده وصل می شود. در این ماهیان قسمت ابتدایی روده کمی وسیعتر شده که تحت عنوان حباب روده (Intestinal bulb) شناخته می شود. طول روده بر حسب رژیم غذایی ماهیان متفاوت است. ماهیان گوشتخوار که دارای معده هستند، طول روده کوتاه است. در ماهیان همه چیز خوار و ریزه خوار طول روده زیاد است و گاهی تا چندین برابر طول بدن ماهی می رسد.

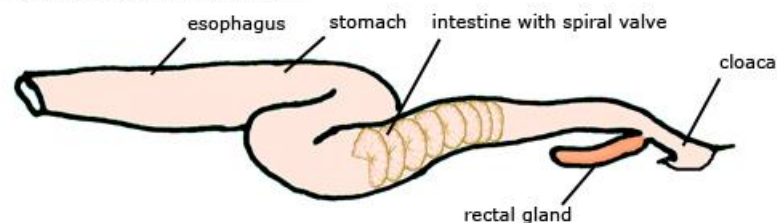


انواع روده در ماهیان مختلف

- a. Rainbow trout (گوشتخوار); تأکید بر منابع غذایی حیوانی
- b. Catfish (همه چیزخوار، با تأکید بر منابع غذایی گیاهی)
- c. Carp (همه چیزخوار، با تأکید بر منابع غذایی گیاهی)
- d. Milkfish (ریزه‌خوار، پلانکتون‌خوار).

در ماهیان خاویاری، کوسه ماهیان سپر ماهیان روده مارپیچی یا دریچه اسپیرال (Spiral valve) وجود دارد که باعث افزایش سطح تماس غذا و ممانعت از بازگشت غذا می شود.

Shark digestive system



دریچه مارپیچی یا اسپیرال در کوسه ماهیان

در هگ فیش ها که از خون و مایعات تغذیه می کنند، دیواره لوله گوارش نازک و قابل اتساع است.

Lamprey Digestive tract



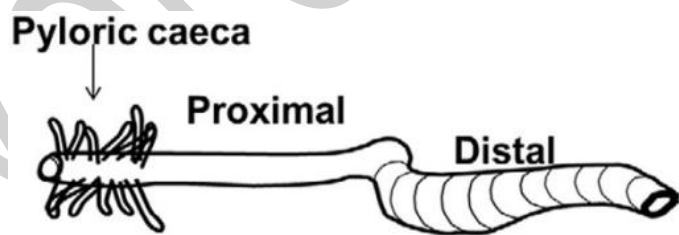
روده لامپری‌ها

در برخی ماهیان نظیر کوسه ها کلواک (cloaca) مشاهده می شود.

زوائد باب المعدی (Pyloric caeca)

در بسیاری از ماهیان دریایی و آزاد ماهیان در در حد فاصل معده و روده یک یا چند کیسه کور تحت عنوان زوائد باب المعدی وجود دارد که با افزایش سطح در هضم و جذب مواد غذایی شرکت دارند. کپور ماهیان، اردک ماهیان گربه ماهیان فاقد این اندام می باشند. اندازه، موقعیت، تعداد و محل اتصال این زوائد در ماهیان مختلف متفاوت است:

- پلی پتروس: ۱ عدد
- سوف زرد: ۳ عدد
- ماهیان پهن: ۵ تا عدد
- ماکرل و آزاد ماهیان: حدود ۲۰۰ عدد



ضمائم دستگاه گوارش

کبد (liver)

غده بزرگی است که روی معده قرار دارد و معمولاً در ماهیان حاوی دو لب است. در آزاد ماهیان یک لوبی و در ماکرل و ماهیان خاویاری ۳ لوب دارد. در کپور کبد بصورت منتشر است. سلولهای کبدی حاوی مقادیر زیادی چربی و گلیکوژن بوده ترشح صفرا و اعمال بیوشیمیایی متعددی را برعهده دارد. ترشحات کبدی توسط صفرا (که محل ذخیره این ترشحات است) و مجرای صفراوی به دستگاه گوارش می ریزد. لامپریهای بالغ فاقد صفرا و مجاری صفراوی هستند.

پانکراس (لوزالمعده) (pancreas)

مهمترین غده ای است که در گوارش نقش داشته و دارای دو قسمت است؛ بخش برون ریز که انزیمهای متعددی نظیر ترپسین (مهمترین پروتئاز)، کربوهیدازها (لاکتاز و مالتاز)، لیپاز را ترشح می کند و بخش درون ریز که انسولین ترشح می کند. مجرای پانکراس بصورت مستقیم و یا همراه مجاری صفراوی بداخل روده باز می شود.

- پانکراس در هگ فیشها بسیار کوچک است و تحلیل رفته
- در لامپریها فقط بافت اندوکرین را دارد.
- در کپور همراه بافت کبدی بوده و تحت عنوان هپاتوپانکراس نامیده می شود.
- در ماهیان خاویاری هم بصورت بافتی مجزا و نیز داخل بافت کبدی مشاهده می شود.

طحال (spleen)

یکی از اندامهایی که به دستگاه گوارش متصل است اما نقشی در گوارش ندارد. طحال یک اندام خونساز است که به رنگ قرمز تیره می باشد. در ماهیان استخوانی طحال محل انهدام گلبولهای قرمز است.

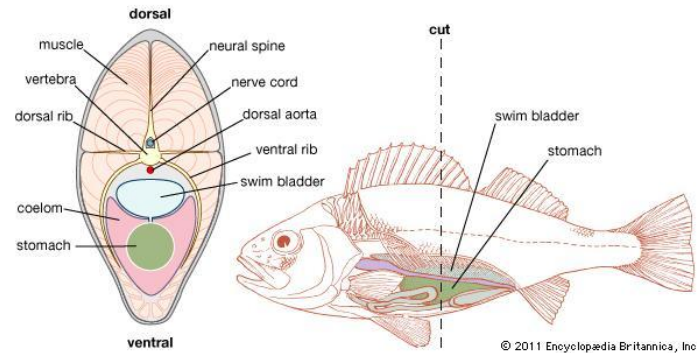
کیسه صفرا (gall bladder)

در بسیاری از ماهیان کیسه صفرا دیده می شود، صفرا در کبد تولید شده و از طریق مجاری صفراوی وارد کیسه صفرا می شود.

کیسه شنا (Swim Bladder)

کیسه شنای ماهیان بصورت اندامی کم و بیش بیضی شکل با دیواره ای نرم در داخل حفره شکمی و در زیر ستون مهره ها قرار گرفته و از دستگاه گوارش منشاء می گیرد. در کپور ماهیان کیسه شنا دو قسمتی است و در شگ ماهیان توسط ۲ مجرا با گوش داخلی جهت افزایش قدرت شنوایی در ارتباط است. در سگ ماهیان جویباری کیسه شنا در یک محفظه استخوانی قرار دارد. زمانیکه ماهی به یکباره از عمق به سطح آورده شده به دلیل عدم توانایی در تنظیم گازی بخش جلویی روده تحت فشار قرار گرفته و از دهان خارج می شود. کیسه شنای بچه ماهیان معمولاً فاقد گاز است و اگر مانع از بلع هوا در این لاروها شویم، کیسه شنای این لاروها خالی از گاز بوده، رشد خوبی نداشته و خواهند مرد.

Teleost fish in cross section

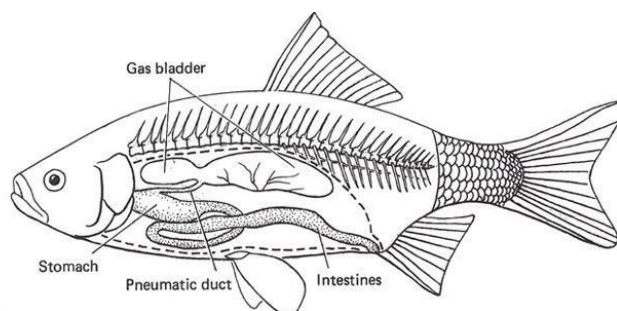


موقعیت کیسه شنا در ماهیان استخوانی

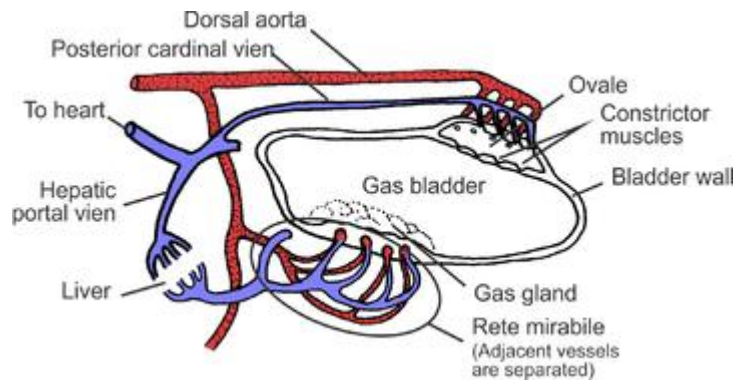
وظایف کیسه شنا:

- نقش هیدرواستاتیک
- حفظ شناوری
- تعادل در شنای ماهی
- تولید صدا از طریق خروج صدا و انقباض عضلات
- در برخی از ماهیان شش دار در تنفس دخالت دارد (در حکم شش عمل می کند)

در برخی ماهیان مری از طریق مجرای پنوماتوفور (Pneumatic duct) با کیسه شنا در ارتباط است. در کپور ماهیان کیسه شنا بطور دائم توسط مجرای پنوماتوفور با بخش قدامی روده در ارتباط است. این ماهیان به این ترتیب فشار گاز کیسه هوایی خود را تنظیم می کنند. این ویژگی عمدتاً در ماهیان استخوانی آب شیرین دیده شده و به این ماهیان فیزوستوم (Physostomus) می گویند.



در ماهیان استخوانی عالی نظیر سوف این مجرا بسته می شود که به آنها فیزوکلست (Physoclist) می گویند. این گروه از ماهیان پس از خروج از تخم به سطح آب آمده و پس از بلع هوا و پر کردن کیسه شنای خود، این مجرا بسته شده و تنظیم گازی کیسه شنا توسط غدد گازی (شبکه میرابل غدد گازی) انجام می شود. در این گروه از ماهیان در صورتی که سریعاً به سطح بیایند، کیسه شنا پاره می شود.



برخی از ماهیان نظیر ماهیان غضروفی (سپرماهیان؛ کوسه ماهیان و ماهیان کفزی) فاقد کیسه شنا هستند. کوسه ماهیان واجد اسکلت غضروفی بوده و بنابراین به مراتب سبک‌تر از ماهیان استخوانی می‌باشند. علاوه بر این گروه از ماهیان واجد کبد بزرگ با ذخایر چربی فراوان هستند که تراکم کمتری نسبت به آب داشته و بنابراین اسکلت غضروفی و ذخایر پرپی بالا به‌همراه یکدیگر منجر به کاهش تراکم (دنسیته) ماهی و افزایش شناوری آن را شده و مانع از سقوط ماهی به کف می‌شوند. ساختار باله‌های سینه‌ای این ماهیان به گونه‌ای است که امکان ارتفاع گرفتن ماهی را بخوبی فراهم می‌نماید. بدین ترتیب انرژی مصرفی ماهی به مراتب کمتر خواهد شد.

کلیه

کلیه‌ها در ماهیان استخوانی از نوع کلیه میانی (mesonephric) بوده که بصورت دو جسم طویل و قرمز تیره در امتداد ناحیه پشتی درست در زیر طرف ستون مهره‌ها از ناحیه سر تا انتهای حفره داخلی کشیده شده است. در دوره جنینی کلیه تمام ماهیان از نوع کلیه اولیه (Pronephric) بوده که در مراحل بعدی تکاملی ماهی تحلیل می‌رود. کلیه اولیه در برخی ماهیان نظیر *Atherina* یا *Cottus* در تمام دوره حیات باقی مانده و فعالیت می‌کند. وظایف دفعی کلیه در بخش خلفی آن متمرکز است. بخش قدامی آن دچار تغییر ساختار و وظایف شده است. در بیشتر ماهیان استخوانی قسمت قدامی کلیه محل تمرکز بافت خونساز و لنفوئیدی است و بافت‌های کرومافین و بین کلیوی در امتداد سیاهرگ کاردینال خلفی انتشار دارند.

واحد ساختمانی کلیه، نفرون‌ها هستند که شامل یک جسم کلیوی و لوله‌های درهم پیچیده هستند که این لوله‌ها به مجاری ارتباط می‌یابند که ادرار از طریق آنها به خارج راه می‌یابد. ماهیان استخوانی فاقد رابط ادراری تناسلی بوده و از هر کلیه مجرای میزنای (کانال ولف) خارج شده که به موازات یکدیگر به انتهای خلفی محوطه

بطنی رفته و در انتها یکی شده و به مثانه باز می‌شوند. مثانه توسط مجرای کوتاهی که در قسمت خلفی سوارخ تناسلی قرار دارد به خارج باز می‌شود. در جنس نر برخی ماهیان حفره ادرای تناسلی تماماً به خارج راه می‌یابند.

در جنس ماده ماهیان غضروفی رابط ادراری-تناسلی وجود داشته و این دو کانال از یکدیگر جدا هستند کانال ولف برای ادرار و کانال مولر مجرای تخم‌بر است. در جنس نر این ماهیان کانال مولر تحلیل رفته و بصورت زائده‌ای تحت عنوان Uterus masculinus در آمده و کانال ولف بعنوان کانال اسپرم‌بر- ادراری فعالیت می‌کند.

اعمال کلیه:

تنظیم اسمزی: در ماهیان آب شیرین گلومرول‌های کلیوی متعددی جهت دفع آب اضافی بدن وجود دارد، این در حالی است که گلومرول‌های کلیوی ماهیان آب شور در حداقل رسیده تا ماهیان بتوانند آب را در بدن خود نگاه دارند. در این ماهیان یون‌های دو ظرفیتی توسط کلیه‌ها (نظیر منیزیم) و روده دفع می‌شوند.

اندام خونساز: بافت خونساز اصلی در ماهیان در بخش قدامی کلیه می‌باشد.

اندام اندوکرینی:

- اجسام استانیوس
- ترشح هرمون پرولاکتین
- سلولهای بافت بین کلیوی
- سلولهای بافت کرومافین
- سیستم رنین-انژیوتانسین

ترشحات داخلی ماهیان

ترشحات داخلی ماهی ها کم و بیش قابل مقایسه با سایر مهره داران عالی تر می باشد هرچند که ممکن است بسته به گونه ماهی شکل کلی غدد و محل قرارگیری سلول ها در بدن متفاوت باشد اما نوع ترکیبات بسیار مشابه است. همچنین برخی غدد مخصوص ماهی ها بوده و نظیر آن ها در سایر مهره داران دیده نمی شود مانند اجسام استانیوس و دستگاه ترشحات عصبی دمی.

غده تیموس (Thymus):

غدد لنفاوی اولیه است که در مراحل جنینی وجود داشته و کم کم از بین می‌رود. البته در برخی ماهیان نظیر آزاد ماهیان باقی می‌ماند که در ناحیه حلق واقع شده است. به استثنای ماهیان بدون آرواره عملکرد این غده در ماهیان نیز مثل مهره داران عالی در سیستم ایمنی است.

غده تیروئید (Thyroid gland)

- در دهان گردان سلول های منتشر در بافت پیوندی اطراف حلق
 - الاسموبرانش ها، ماهیان شش دار و برخی تلئوست ها بصورت غده ای مجزا در زیر ائورت شکمی
 - در تلئوست ها تجمعات فولیکولی در اطراف قلب، ائورت شکمی و سرخرگ آبششی
 - در برخی کپورماهیان مانند گلدفیش فولیکول ها بصورت نابجا در کلیه قدامی نیز دیده می شوند.
- هورمون های اصلی تیروئیدی شامل Thyroxine (T4) and Triiodothyronine (T3) می باشند که از الحاق یون ید به پروتئین تیروگلوبولین که حاوی اسیدآمینو تیروزین است تشکیل می شوند. T4 درصد بیشتری را به خود اختصاص می دهد اما پس از ورود به بافت هدف (مهم ترین آن ها کبد و آبشش) به T3 تبدیل شده و فعالیت آن افزایش می یابد. تستسترون و هورمون رشد این روند را تسریع می نمایند، بالعکس کورتیزول تبدیل T4 به T3 را مهار می نماید. اعمال این هورمون ها بصورت کلی عبارتند از:

- کنترل متابولیسم بخصوص مصرف اکسیژن
- کنترل تنظیم اسمزی بخصوص در زمان مهاجرت ها (به آب شور) و تغییر شرایط محیطی
- تحریک متامورفوز (دگردیسی) در لاروها و عامل تنظیم کننده رشد
- تحریک ساخت رنگدانه گوانین (رنگ نقره ای)

اولتیموبرانشیال (Ultimobranchial glands): این غده در دهان گردان وجود ندارد و در الاسموبرانش ها در زیر حلق متمایل به چپ واقع شده و در تلئوست ها زیر مری نزدیک سینوس وریدی و در ارتباط نزدیک با پریکارد قرار دارد. ترشح هورمون کلسی تونین (calcitonin) را بر عهده داشته و در تنظیم کلسیم خون (ورود و ذخیره کلسیم اضافی خون در استخوان ها) نقش دارد.

اجسام استانیوس (Corpuscles of Stannius)

در کلیه ماهیان تلوست قرار داشته و محل قرار گیری بسته به گونه دارد اما عموماً بصورت منتشر و فاقد تقارن است. با ترشح استانیوکلکسین (Stanniocalcin) در تنظیم اسمزی و یون های خون بخصوص کلسیم (دفع سریع از سلول های کلراید) دخالت دارد.

بافت بین کلیوی و کرومافین

بافت بین کلیوی: در لامپری در دیواره سیاهرگ های کاردینال، در الاسموبرانس ها متمایل به بخش خلفی و در تلوست ها در سمت راس کلیه قدامی قرار دارد. این بافت معادل بخش قشری غده فوق کلیه در مهره داران عالی تر بوده و ترشح کورتیکواستروئیدها (کورتیزول، کورتیزون، کورتیکوسترون) یا هورمون های استرس را بر عهده دارد.

اثرات کورتیکواستروئیدها: تنظیم اسمزی بویژه در آب شور (تکثیر کلراید سل ها و فعال شدن پمپ سدیم-پتاسیم)، تحریک متابولیسم قند، پروتئین و خصوصاً چربی ها در کبد به هنگام فعالیت زیاد مانند مهاجرت ها، گلیکوژنولیز و گلوکونئوژنز، سرکوب سیستم ایمنی، مهار رشد (عمل انتاگونیستی با هورمون رشد) و

بافت کرومافین: در امتداد سیاهرگ های کاردینال یا آئورت پشتی و آمیخته با سلول های راس کلیه قرار داشته و معادل بخش مرکزی غده فوق کلیه در مهره داران عالی تر است. این بخش ترشح کتکول آمین ها (آدرنالین، نورآدرنالین و مقدار کمی دوپامین) بر عهده داشته و در موارد استرس مانند کاهش اکسیژن، افزایش دی اکسید کربن، اسیدوز و آلكالوز وارد عمل می شود.

اثرات آدرنالین اثر قوی در افزایش ضربان قلب، افزایش قند خون، انقباض عروق و تحریک طحال و افزایش شمار گلبول های قرمز و افزایش فشار خون.

بافت قلب

سلول های بافت عضله قلب قادر به ترشح پپتیدهای گشادکننده عروق می باشند که عبارتند از:

Atrial Natriuretic Peptids ○

Ventricular Natriuretic Peptids ○

کلیه

با ترشح رنین (سیستم رنین-آنژیوتانسین) می تواند به عنوان یک بافت ترشحی در تنظیم فشار خون و همچنین تعادل اسمزی بدن عمل نماید.

پانکراس

در دهان گردان بصورت منتشر در دیواره روده

○ در الاسموبرانش ها بصورت غده ای مجزا و واضح

○ در ماهیان استخوانی بسته به گونه بصورت مجزا یا منتشر در سایر بافت ها مانند کبد

شامل دو بخش درون ریز و برون ریز است که بخش برون ریز که انزیمهای متعددی نظیر ترپسین (مهمترین پروتئاز)، کربوهیدازها (لاکتاز و مالتاز)، لیپاز را ترشح می کند و بخش درون ریز آن همان جزایر لانگرهانس هستند.

نقش اصلی سلول های موجود در جزایر لانگرهانس در ترشح انسولین و متابولیسم قندها و چربی است.

سلول های مخاطی روده

ترشحات آزاد شده از سلول های دیواره روده از جمله سکرترین، گاسترین و انواع مختلفی از ترکیبات پپتیدی در تنظیم فعالیت برون ریز سایر غدد مانند پانکراس، حرکت و ترشحات لوله گوارش نقش دارند.

غدد جنسی

غدد جنسی : معمولا دارای ساختار طویل - و توسط مزانتراها از سطح پشتی حفره شکمی آویزان هستند. ترشحات این غدد در بروز صفات ثانویه و رفتارهای مخصوص هر جنس و همچنین گامت زایی نقش کلیدی ایفا می نمایند. که شامل بیضه ها و تخمدان ها هستند:

بیضه ها: وظیفه ترشح هورمون های نرینه را برعهده دارند (آندروژن ها) که شامل تسترون، آندروسترون و آندروستندیون

تخمدان ها: وظیفه ترشح استروژن را بر عهده دارند.

دستگاه ترشح عصبی دمی

در ماهیان الاسموبرانش و تلئوست تجمعی از نورون ها با قابلیت ترشحی در انتهای نخاع است. در ماهیان استخوانی پیشرفته در داخل ساختاری به نام اوروفیز جای می گیرد. نقش در تنظیم اسمزی بدن و تغییرات متابولیکی مربوط به فصل تولید مثل از جمله نقش های احتمالی ذکر شده است.

غده هیپوفیز: مهمترین غده بدن است که واقع در بخش دیانسفال مغز بوده و شامل:

- نوروهیپوفیز: اکسی توسین، وازوتوسین هستند که در تنظیم اسمزی و تولید مثل نقش دارند
- آدنوهیپوفیز: پرولاکتین، هرمون رشد، کورتیکوتروپین (ACTH)، گونادوتروپین و تیروتروپین

غده پینه آل (pineal gland)

واقع در سقف دیانسفالون بوده و اندام حساس به نور در ماهیان لامپری، الاسموبرانشها و ماهیان استخوانی است. وظایف آن عبارتند از:

► ترشح ملاتونین

► تحریک غده هیپوفیز و تیروئید و اثر بر رشد

تولید مثل در ماهیان

سه روش متفاوت تولید مثلی در بین ماهیان دیده می‌شود:

۱. **دو جنسی bisexual**: معمولترین روش تولید مثل است که در آن دو جنس نر و ماده از هم جدا هستند و به شکل‌های زیر دیده می‌شود:

- **تخمگذار (oviparous)**: لقاح در خارج بدن انجام می‌شود، ماده تخم‌ریزی کرده و نر تخمها را بارور می‌کند.

- **زنده زا (viviparous)**: ماهیانی نظیر گامبوزیا یا دم شمشیری از اعضاء خانواده کپور ماهیان دندان‌دار (پشه ماهیان) که نوزاد به دنیا می‌آورند. همچنین اکثر ماهیان غضروفی نظیر کوسه ماهیان و سپرماهیان نیز زنده زا هستند.

- **تخم‌گذار زنده‌زا (ovoviviparous)**: این روش تولید مثلی در برخی ماهیان غضروفی دیده می‌شود. ماهیان مذکور تخمهایی تولید می‌کنند که حاوی جنین است. تخمها کیف دختر ناخدا نامیده شده و واجد رشته‌های چسبنده‌ای هستند که به سطوح سنگها و صخره‌ها و یا گیاهان می‌چسبند تا زمانی‌که رشد جنین کامل شده و بچه کوسه ماهی از تخم بیرون آید.

۲. هرمافرودیت *hermaphroditis* : دو شکل متفاوت دارد:

هرمافرودیت همزمان: یعنی یک ماهی بطور همزمان واجد تخمدان و بیضه است اما نقش نر و یا ماده را ایفاء کرده و قادر به بارور سازی خود نیست. نظیر برخی گونه‌های خانواده هامور ماهیان (*Serranidae*)

هرمافرودیت غیر همزمان: ماهی در ابتدا ماده به بلوغ رسیده و پس از ۲ تا ۳ سال تغییر جنسیت می‌دهد و نر می‌شود و تخمدان خود را از دست می‌دهند (*Protogynous*) نظیر برخی هامور ماهیان. شانک ماهیان (*Sparidae*) و یا دلک ماهیان ابتدا نر هستند و بعد ماده می‌شوند (*Protondrous*).

۳. **بکرزایی *parthenogenesis*:** این روش به ندرت دیده می‌شود. در این روش جنس ماده تولید تخمهایی می‌کنند که توسط اسپرم بارور نشده و تولید لاروهای ماده می‌کنند. گاهی از اسپرم نر سایر ماهیان برای تحریک تقسیمات جنسی استفاده می‌شود ولی هیچگونه انتقال ژن یا کروموزوم وجود ندارد. نظیر مولی آمازون یا ماهی حوض نقره‌ای.

زنده‌زایی در ماهیان غضروفی به ۴ شکل مختلف دیده می‌شود:

- (۱) زنده‌زایی رحمی: نوزاد در رحم مادر از تخم بیرون آمده و شروع به تغذیه از مایعات درون رحم می‌کند. اندوخته غذایی این تخمها کم بوده و بیشتر به مایعات داخل رحم وابسته هستند.
- (۲) زنده‌زایی کیسه زرده: نوزادهایی که از تخم خارج شده‌اند در همان رحم از اندوخته کیسه زرده خود تغذیه کرده و پس جذب کامل کیسه زرده از بدن ماهی ماده خارج می‌شوند.
- (۳) زنده‌زایی هم نوع خواری: اولین نوزادی که در داخل رحم از تخم خارج می‌شود، این نوزادان پس از جذب کیسه زرده اقدام به خوردن سایر نوزادان و تخمها (هم نوع خواری) می‌کنند. نوزاد متولد شده اندازه‌ای بزرگ دارد. نظیر کوسه سفید
- (۴) زنده‌زایی جفتی: پیشرفته ترین نوع تولید مثل نظیر پستانداران است. نوزاد بوسیله بند ناف یا جفت به دیواره تخمدان متصل است و مستقیماً از مادر تغذیه کرده و اکسیژن و مواد غذایی مورد نیاز خود را دریافت می‌کند. نظیر کوسه ماهی سر چکشی.

رفتارهای تولید مثلی

ماهیان دریایی هم آوری بالایی داشته و تعداد بالایی تخم تولید کرده که اکثراً شناور و در سطح هستند (هم آوری تعداد تخمی که یک ماهی مولد ماده تولید می‌کند تحت عنوان هم آوری (*fecundity*) شناخته می‌شود). این ماهیان از تخمهای خود مراقبت نمی‌کنند:

الف : تخم ریزهای آزاد بستر

تخم ریز های پلاژیک : ماهی تن ، ساردینها

تخم ریز های کف زی (بروی سطوح سنگها و گیاهان): کپور ، اردک ماهی

تخم ریز های خشکی : ماهی لجنی قهوه ای

ب : مولدین پنهان ساز

تخم ریزهای کف زی : قزل الا

تخم ریزهای درون شکاف : ماهی قنات

تخم ریزهای بر روی بی مهره گان: ماهی بیترلینگ (داخل آبشش صدف یونیونید)

تخم ریزهای ساحلی: خانواده سیپرینودونتیده

مراقبت کنندگان

مراقبت از تخمها بویژه در آب شیرین رودخانه‌ای به دلیل متغیر بودن شرایط (سیلابی شدن، تغییر درجه حرارت، ..) اهمیت دارد. چسبندگی تخمهای ماهیانی که در آبهای جاری تخم‌ریزی می‌کنند، زیاد است. این امر موجب چسبیدن تخمها به سطوح سنگها و گیاهان شده و مانع از شسته شدن تخمها می‌شود. ماهیانی که از تخمهای خود مراقبت می‌کنند، هم آوری کمتری داشته و تخم کمتری تولید می‌کنند. هم آوری در کوسه ماهیان به دلیل وجود روش‌های مراقبتی پایین است. ماهیان به روش‌های مختلف از تخمهای خود مراقبت

الف) تخم ریز های لانه ساز

مواد گیاهی: ماهی بوسیله شاخ و برگ گیاهان لانه ساخته و تخمها در لانه گذارده شده و مورد مراقبت قرار می‌گیرند. نظیر ماهی سه خاره

حباب: ماهی گورامی با ایجاد حباب در سطح آب لانه سازی کرده و تخمهای خود در میان حبابها نگهداری می‌کند.

گودال: ماهی نر حفره ایجاد کرده و ماده تخمهای خود را در حفره مذکور قرار داده و نر آنها را بارور میکند. سپس تخمها را زیر سنگریزه‌ها و شنهای بستر پنهان می‌کنند. نظیر آزاد ماهیان

ب) شقایق دریایی: ماهیان شقایقی تخمهای خود را در میان انبوه شقایقهای دریایی پنهان می‌سازند.

ج) **مراقبت در دهان:** برخی ماهیان نظیر تیلپیا از تخمهای خود را در دهان محافظت می کنند. تیلپیا هر دو جنس نر و ماده مراقبت از تخم را بر عهده دارند. این نوع مراقبت به سه شکل مراقبت پدری (pathernal protection)، مراقبت مادر (mathernal protection) و مراقبت والدی (parental protection) دیده می شود.

د) **تخمهای سمی:** تخم برخی ماهیان نظیر *Barbus*، *Capoeta* و *Schizothorax* واجد سمی به نام ciguatera است که باعث ایجاد مسمومیت در سایر جانوران می شود.

ر) دوره تخم ریزی مختلف

تخم ریزی همزمان (Synchronous): تخم ریزی در طی یک دوره زمانی کوتاه (یک هفته ای) انجام می شود.

تخم ریزی غیر همزمان (Asynchronous): در برخی ماهیان تخم ریزی در یک دوره زمانی طولانی - تری (طی چند ماه) انجام می شود. این روش تخم ریزی نوعی محافظت است.

تخم ریزی دوره ای (Intermitent spawner)

مهاجرت (Migration): ماهیان به منظور تغذیه؛ تولید مثل، شرایط محیطی (آلودگی و ...) و یا بواسطه بیماری مهاجرت می نمایند. ماهی مولی آمزون در زمان آلودگی به تک یاختگان به دریا مهاجرت کرده و پس از پاکسازی مجدداً به آب شیرین باز می گردد.

انواع مهاجرت:

مهاجرت عمودی: مهاجرت در ستون آب انجام می شود (تغییر عمق زیستی). مهمترین دلیل این نوع مهاجرت عمودی و پرهیز از شکار شدن در طی روز و کاهش میزان متابولیسم را کاهش می دهد. نظیر گربه ماهی اروپایی که در زمستان به اعماق می رود. فیل ماهی و یا کیلکا (*Clupeonella caspia*) نیز برای تغذیه مهاجرت عمودی انجام می دهد.

مهاجرت افقی: مهاجرت از یک بوم سازگان به یک بوم سازگان دیگر صورت می گیرد. ماهیان بر اساس نوع مهاجرت افقی به چند گروه تقسیم بندی می شوند:

ماهیان بالارو (**Anadromous**): که بیشتر عمر خود را در آب دریا (آب شور) سپری کرده و جهت تخم‌ریزی به رودخانه (آب شیرین) مهاجرت می‌نمایند، نظیر ماهی سفید (*Rutilus kutum*) و یا ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) و ازون برون (*Acipenser stellatus*).

ماهیان پایین رو (**Catadromous**): این ماهیان بیشتر عمر خود را در آب شیرین گذرانده و برای تخم‌ریزی به دریا می‌روند مانند مارماهی مهاجر (*Anguila anguila*).

ماهیان هر دو رو (**Amphidromous**): ماهیانی هستند که عمدتاً جهت برآوردن نیازهای فیزیولوژیک و تغذیه‌ای از آب شیرین به آب شور و یا بر عکس رفت و آمد هستند، نظیر گاو ماهیان (*Gobiidae*).

ماهیان رود گرد (**Potamodromous**): ماهیانی هستند که همیشه در آب شیرین ساکن بوده و جهت تخم‌ریزی به قسمت‌های بالاتر رودخانه مهاجرت می‌کنند، نظیر قزل‌آلای خال قرمز.

ماهیان اقیانوس گرد (**Oceanodromous**): ماهیان هستند که همیشه در آب شور دریا ساکن هستند و از یک منطقه به منطقه‌ای دیگر در اقیانوس یا در دریا مهاجرت می‌کنند، نظیر تن ماهیان و یا کفال ماهیان که برای تغذیه و یا سوف ماهیان که مهاجرت تولید مثلی انجام می‌دهند.