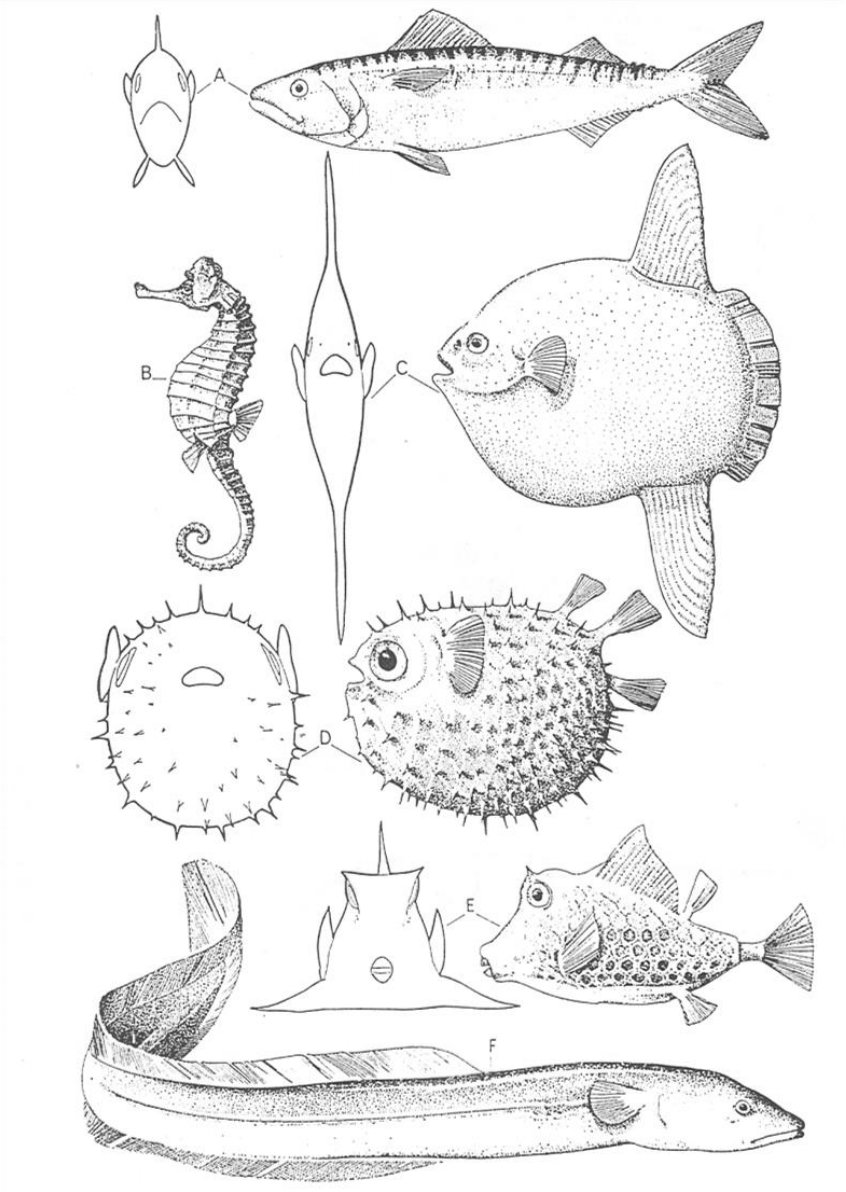
ماهی شناسی (فیزیولوژی و سیستماتیک)



.

مقدمه ای بر ماهی شناسی Ichthyology

ماهی شناسی (Ichthyology) شاخه ای از علم جانورشناسی است (متشکل از دو واژه یونانی Ichthys : ماهی+ logous :دانش) که به مطالعه و بررسی ماهی‌ها می پردازد. ماهی ها جزو شاخه طنابداران و زیر شاخه مهره داران می باشند. امروزه ماهی به مهره داران آبزی خونسردی اطلاق می شود که واجد آبشش بوده، بسیاری از آنها ضمائمی به نام باله دارند و معمولا واجد فلس در پوست خود هستند. ماهی ها حدود ۴۰ درصد مهره داران را به خود اختصاص می دهند و موفق ترین مهره داران در زیستگاه های آبی مختلف شامل دریاها، دریاچه ها و رودخانه ها هستند. حدود ۲۸۵۰۰ گونه ماهی در آبهای جهان زندگی می کنند که حدود ۱۰۸ گونه ماهیان بدون فک (هگ فیش و لامپری)، ۹۷۰گونه به ماهیان غضروفی (کوسه و سپرماهیان) و بیش از ۲۷۰۰۰ گونه به ماهیان استخوانی اختصاص دارد. ماهی ها از ارتفاعات حدود ۴۵۰۰ متری بالای سطح دریا تا عمق حدود ۱۰۹۰۰ متری اقیانوس ها دیده شده اند، به عبارت دیگر پراکنش عمقی یا ارتفاعی ماهی ها حدود ۱۵۰۰۰ متر است.

ماهیان در مناطق وسیعی از آبهای شیرین و شور ونیز لب شور جهان پراکنش دارند . که از بین کل ماهیان ۵۸٪ آنها در دریا و ۴۱٪ در آبهای شیرین و ۱٪ بقیه در بین دو محیط مهاجر هستند. ماهیان دریایی ۴۴٪ آنها در آبهای ساحلی (فلات قاره) و ۱۳٪ در آبهای اقیانوسی پراکنش دارند که از این ۱۳٪ - ۱٪ در ناحیه اپی پلاژیک ، ۵٪ در ناحیه فروتاکی ستون آب و ۷٪ در ناحیه کف (Benthic) هستند . البته بیشتر ماهیان هم در آبهای شور و هم شیرین در جایی که نوسانات حرارتی سالیانه حداقل است (مناطق گرمتر) یافت می شوند. ماهیان ایران در سه حوزه تقسیم بندی می شوند:۱-ماهیان خلیج فارس و دریای عمان،۲-ماهیان دریای خزر و۳-ماهیان آب های داخلی که تنوع ماهیان در خلیج فارس و دریای عمان نسبت به ماهیهای دریای خزر و آبهای داخلی بیشتر است.

خصوصیات ماهیان:

۱-ماهیان خونسرد (Poikilotherm) هستند، یعنی درجه حرارت بدنشان ثابت نبوده و با محیط تغییر می کند و بر این اساس فعالیتهای فیزیولوژیک و متابولیک ماهی نیز تنظیم می گردد یعنی با کاهش درجه حرارت فعالیتهای ماهی کاهش و با افزایش درجه حرارت فعالیتهای ماهی افزایش می یابد.

۲-وزن مخصوص ماهی برابر محیط می باشد در نتیجه ماهی ها برای حفظ خود در محیط نیاز به صرف انرژی قابل توجهی ندارند.

۳-ضریب تبدیل غذایی(Feed Conversion Ratio:FCR) آنها نسبت به سایر حیوانات کمتر است یعنی تبدیل غذایی یا خاصیت ترمیمی در ماهیان بیشتر است.

۴-میزان انرژی مورد نیاز ماهی نسبت به سایر حیوانات کمتر است.

کاربرد ماهی‌ها

استفاده های فراوانی از ماهیان می شود که موارد زیر از آن جمله است:

- استفاده از گوشت ماهی (به صورت تازه ، دودی ، نمک سود شده ، کنسرو و فراورده های مختلف)
- استفاده از ماهی در تهیه غذا (تهیه سوپ از باله ها در ژاپن، استفاده از نوتوکورد در شیرینی پزی).
- خاویار (از تخمک ماهیان خاویاری تهیه می شود)
- تهیه آرد ماهی
- تهیه مروارید مصنوعی از گوانین استخراج شده از فلس ماهی

- استفاده از پوست آنها در صنعت چرم سازی
- تهیه چسب از لایه داخلی کیسه شنای ماهیهن خاویاری
- درمانی و دارویی (روغن ماهی منبع سرشار از ویتامینD)
- تهیه کود جهت مزارع پسته و...

خصوصیات ظاهری ماهیان

شکل : تنوع زیست محیطی ماهیان ، انعکاسی از تنوع شکل و روش های گوناگون حرکت در آنهاست. برخی فقط در آب شیرین و برخی فقط در آب شور زندگی می کنند، برخی نیز بین آب شیرین وشور مهاجرت می کنند. ماهی ها اشکال متفاوتی دارند ولیکن شکل غالب آنها دوکی می باشد.

اشکال مختلف بدن ماهیان:

۱- دوکی شکل(Fusiform): مقطع عرضی بیضی شکل و ساقه دمی باریک است که از نظر کاهش اصطکاک بسیار مناسب است این شکل بدن بیشتر در ماهیان شکارچی و ماهیانی که دارای شنای سریعی هستند دیده می شود مثل کپور، قزل آلا وتن ماهیان.

۲- از دو پهلو فشرده شده (Compressiform) : که در این حالت یا دارای تقارن هستند(مثل حلوا سفید، حلوا سیاه، ماهی سیم) و یا تقارن ندارند. در حالی که تقارن نداشته باشند اگر هر دو چشم در سمت راست باشد، آن ها را راست رو واگر هر دو چشم در سمت چپ باشد، آن ها را چپ رو می گویند مثل کفشک ماهیان. این شکل بدن بیشتر در ماهیانی دیده می شود که بطور مداوم تحرک ندارند بلکه بصورت آنی (لحظه ای) سرعت می گیرند شامل شانک ماهیان، خورشید ماهیان(centrarchidae) ، سرخو ماهیان (لوتیانیده Lutjanidae)، کفشک ماهیان(پلورونکتیده).

۳- از بالا به پایین فشرده (depressiform) : بیشتر در ماهیانی که در ناحیه بستر(کف) آب زندگی می کنند دیده می شود. این ماهیان معمولاً دارای تحرک کمی هستند و شامل سپرماهیان (Rajidae)، آنگلرفیش ها (Lophiidae)،کوسه ماهیان فرشته ای (squatinidae) و قورباغه ماهیان (باتراکوئیدیده) .

۴- ماری شکل (Angiliform): سطح مقطع بدن آنها گرد یا بیضوی است ، اما بدن باریک ودرازی دارند: هگ فیش ، لامپری و مارماهی مهاجر *Anguilla anguilla*

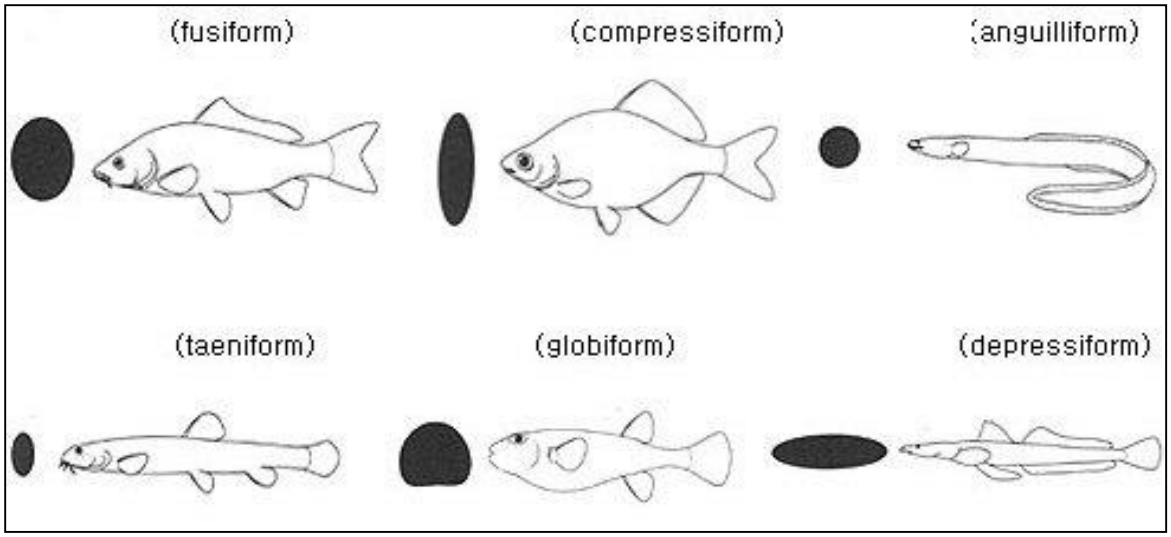
۵- نخی شکل (Filiform) : مثل مارماهی نوک دراز

۶- نواری شکل (Taeniform) : مثل گانل (Pholidae)

۷- سهمی شکل (Saggittiform) : مثل اردک ماهی (Esocidae) و گار(Lepisosteidae)

۸- دایره ای شکل (Globiform): مثل خورشید ماهی و *Mola mola* (sun fish)

۹- جعبه ای شکل : مثل جعبه ماهیان (box fish) یا ostracidae



۱-۵-۲-اندازه

ماهی‌ها دارای اندازه‌های متفاوتی هستند. بزرگترین ماهی کوسه نهنگ Whale shark با نام علمی *Rhincodon typus* از خانواده Rhincodontidae می باشد که طول آن به ۲۰- ۱۸ متر می‌رسد و از پلانکتون ها تغذیه می‌کند. کوچکترین ماهی که کوچکترین مهره دار دنیا می باشد از خانواده Cyprinidae با نام علمی *Paedocypris progenetica* است. البته جنس نر ماهی *photocorynus spiniceps*(angler fish) که بصورت انگل به ماهی ماده می چسبد دارای طول ۶.۲mm است. از دیگر نمونه‌های کوچک می توان به گامبوزیا، لوچ ماهیان و گوپی و بزرگترین‌ها به کوسه ماهیان، تن ماهیان و فیل ماهی اشاره نمود. ماهیان مناطق قطبی اندازه بزرگتری داشته و طول عمر بیشتری دارند. این مطلب در ماهیان عمقی زی نیز صدق می کند. ماهیان مناطق حاره ای از لحاظ جثه کوچکتر و از لحاظ سنی هم عمر کوتاه تری دارند.

قسمت های مختلف بدن ماهیان:

بدن ماهیان از ۳ قسمت تشکیل شده است:

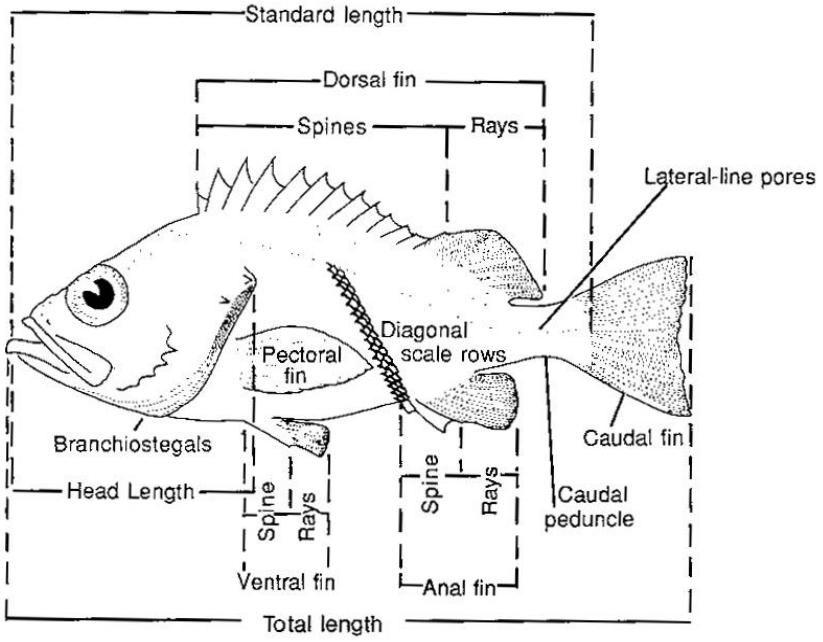
۱- سر (Head) : نوک پوزه تا انتهای سرپوش آبششی
۲- تنه (Trunk) : از انتهای سرپوش آبششی تا مخرج یا ابتدای باله مخرجی
۳- دم (Tail) : از مخرج تا انتهای باله دمی
* در مار ماهیان دهان گرد و کوسه ماهیان یک ناحیه آبششی اضافه می گردد.

اندازه گیری شاخص های مهم بدن ماهیان

در زیست سنجی (بیومتری) بسیاری از مشخصات ماهیان اندازه گیری، شمارش و ثبت می شود که جهت شناسائی ماهیان و سنجش میزان رشد و بازدهی آنها در پرورش مورد استفاده قرار می گیرد. این ویژگیها شامل خصوصیات مریستیک و مرفومتریک است.

ویژگیهای مرفومتریک(Morphometric)به ویژگیهای قابل اندازه گیری ماهیان اطلاق می شود. مهمترین ویژگیهای مرفومتریک که در ماهیان مورد اندازه گیری قرار می گیرند عبارتند از:

۱) طول کل (Total length): عبارتست از نوک پوزه تا انتهای باله دمی
۲) طول استاندارد (Standard length) : عبارتست از نوک پوزه تا ابتدای باله دمی
۳) طول چنگالی (Forkal length) : عبارتست از نوک پوزه تا محل دو شاخه شدن باله دمی
۴) طول سر (Head length) : عبارتست از نوک پوزه تا انتهای سر پوش آبششی
۵) طول پوزه (Snout length) : عبارتست از نوک پوزه تا ابتدای حدقه چشم
۶) ارتفاع بدن (Body depth) : فاصله عمودی جلوی باله پشتی تا ناحیه شکم
۷) فاصله دوچشم(Interorbital width): عبارتست از فاصله بین دو چشم



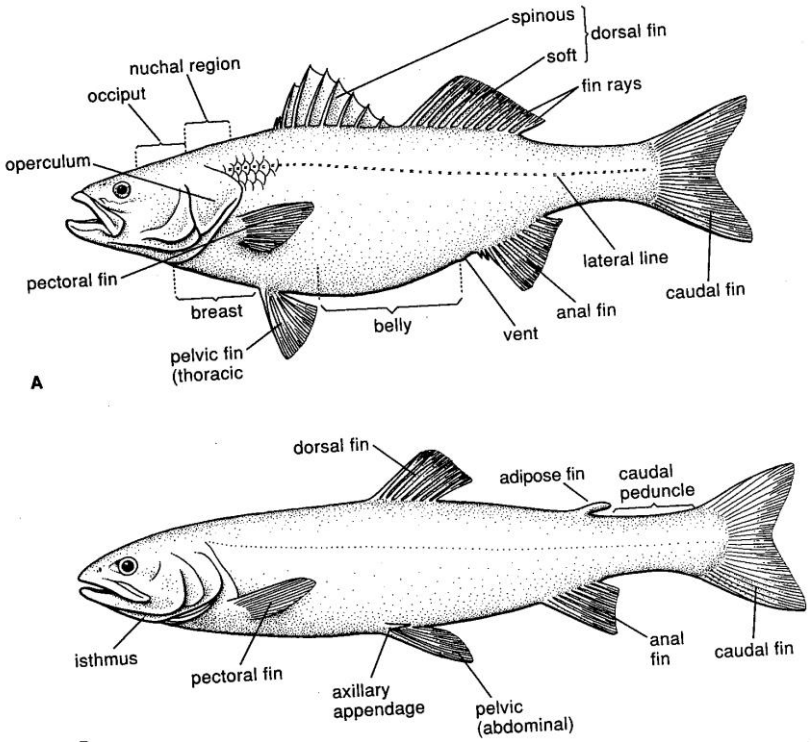
***ساقه دمی(Caudal peduncle)** :اگر از انتهای باله مخرجی برخط جانبی خط عمودی رسم کنیم ، از نقطه تقاطع خط عمود رسم شده و خط جانبی تا انتهای ستون مهره ها را ساقه دمی می گویند. در بعضی ماهیان خصوصا کپور ماهیان ، در محلی که حداقل عرض ساقه دمی وجود دارد، تعداد فلس های دور ساقه دمی را شمارش می کنند. فلس های دور ساقه دمی را Circum peduncle scale می گویند.

ویژگیهای مریستیک(Meristic) : به صفات قابل شمارش گفته می شود.این ویژگیها بر خلاف ویژگیهای مرفومتریک تحت تاثیر محیط زیست نبوده بلکه تفاوت های مریستیک در جمعیت ماهیان بیشتر به تمایزات ژنتیکی بستگی دارد. مهمترین ویژگیهای مریستیک که در ماهیان شمارش می شوند به شرح ذیل می باشد:تعداد فلس ها،تعداد دندان های فک بالا و پایین،شعاع های سخت و نرم باله های پشتی و مخرجی،تعداد خارهای آبششی، تعداد دندان های فک بالا و پایین، تعداد سبیلک ها

باله **Fin**

باله ها چین های پوستی هستند که توسط ساختارهایی به نام شعاع حمایت میشوند. باله ها عامل اصلی حرکت ماهیان در آب باله دمی است، باله سینه ای و شکمی برای حفظ تعادل، چرخش، پیشروی در آب و توقف بکار می رود. باله ها به دو دسته تقسیم می شوند: الف) بدون شعاع (باله چربیAdipose fin) درآزاد ماهیان، حسون ماهیان و برخی گربه ماهیان. ب : واجد شعاع که خود دو دسته هستند:

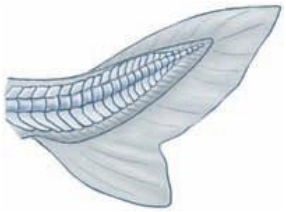
۱- زوج (سینه ای Pectoral)، (شکمی Ventral)
۲- فرد (پشتی Dorsal)،(مخرجی Anal)،(دمی Caudal).
شعاع های باله ها خود نیزبه دو دسته تقسیم می شوند:
۱- شعاع سخت (غیر منشعب)، نوک تیز و خار مانند هستند و تعداد آن ها را با اعداد یونانی (رومی) می نویسند.
۲- شعاع نرم (منشعب)، به آسانی خم می شوند و نوک آن ها منشعب است و تعداد آن ها را با اعداد انگلیسی نشان می دهند.



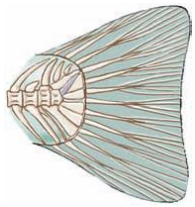
فرمول باله ها: برای نمایش تعداد شعاع های سخت باله ماهیان از اعداد رومی و جهت نمایش تعداد شعاع های نرم از اعداد لاتین استفاده می شود. بطور مثال باله پشتی ای که واجد سه شعاع سخت و هشت شعاع نرم است به این صورت نمایش داده می شود: D : III / 8 .
در مطالعات بیومتری، اغلب از باله پشتی و مخرجی برای شمارش تعداد شعاع استفاده می شود. در ماهیانی که دو عدد باله پشتی دارند، معمولا باله پشتی اولی فقط شعاع سخت دارد و باله پشتی دومی تعدادی شعاع سخت وتعدادی شعاع نرم دارد.
*به ماهیانی که تمامی شعاعهای باله آنها از نوع نرم باشد اصطلاحا **Isospondyli** گفته می شود مانند شگ ماهیان.

باله دمی Caudal fin

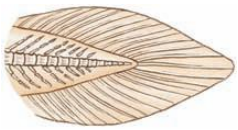
در انتهای بدن قرار دارد و عامل اصلی حرکت در ماهیان می باشد. برخی از ماهیان مانند مارماهی حفار فاقد باله دمی هستند. در سپرماهیان باله دمی به شکل زائده ای گزنده و دم مانند در آمده است.باله دمی براساس این که ستون مهره ها در آن پیشروی کرده باشد یا نه و بر اساس اندازه و تقارن قسمت بالایی و پائینی تقسیم بندی می شوند:



۱- **باله دمی(هتروسرک)** Hetrocercal : لوب بالایی از لوب پائینی بزرگ تر است و ستون مهره ها در لوب بالایی نفوذ کرده است مثل کوسه ماهیان و ماهیان خاویاری.



۲- **باله دمی(هموسرک)** Homocercal : ستون مهره ها در داخل باله دمی نفوذ نکرده و لوب بالایی و پائینی تقریبا با هم برابر هستند مانند اکثر ماهیان(قزل آلا، کپور و ....)



۳- **باله دمی قرینه ثانویه(دیفی سرک)** Diphycercal: ستون مهره ها تا انتهای باله دمی امتداد دارد مثل لامپری (دهان گردان) .

۴- **باله دمی ابتدایی(پروتوسرک)** Protocercal :انتهای ستون مهره ها توسط غشایی پوشیده شده است مثل لارو تمام ماهیان پس از خروج از تخم.

باله مخرجی Anal fin

عمدتا در بخش انتهای ناحیه شکمی قرار دارد در برخی بدون خار و در بعضی ها واجد ۱-۳ عدد خار است.اکثر ماهیان یک باله مخرجی دارند و مخرج در جلوی این باله واقع شده است.سپر ماهیان فاقد باله مخرجی اند. روغن ماهیان ۲ عدد باله مخرجی دارند. در مارماهی دهان گرد باله مخرجی تحلیل رفته که فقط اثری از آن باقی مانده است و تنها در فصل تولید مثل رشد می کند. برخی سپر ماهیان باله مخرجی ندارند. در تن ماهیان به دنبال باله مخرجی چندین بالچه (Finlet) وجود دارد. در گامبوزیا(Poeciliidae) که دارای لقاح داخلی و زنده‌زا است، تعدادی از شعاع های باله مخرجی جنس نر به عضوی به نام Gonopodium برای انتقال اسپرم به ماهی ماده تبدیل شده است.

باله پشتی Dorsal fin

باله پشتی یک باله است .جزو باله های فرد است، اما ممکن است یک قسمت یا چند قسمت باشد. ممکن است در امتداد باله پشتی یک یا چند بالچه کوچک (Finlet) وجود داشته باشند.

در ماهیان آب شیرین، باله پشتی معمولا یک عدد و در وسط ناحیه پشتی است اما ماهیان دریایی غالبا دو عدد باله پشتی دارند مثل سوف ماهیان، کفال ماهیان. اردک ماهیان، ماهیان خاویاری و ماهیان خارو، یک عدد باله پشتی در قسمت عقب ناحیه پشتی دارند. اسبله یک عدد باله پشتی اما در قسمت جلوی ناحیه پشتی دارد. برخی روغن ماهیان (Gadidae) دارای سه باله پشتی هستند که در ایران وجود

ندارند. در دریای خزر فقط یک نوع روغن ماهی داریم به نام(*Lota lota*) که دو عدد باله پشتی دارد. حلوا سفید در بچگی دو باله پشتی دارد اما بعدا باله پشتی اولی محو می شود به طوری که در زمان بلوغ و حتی قبل از آن فقط یک باله پشتی دارد.

برخی سپر ماهیان باله پشتی ندارند. باله پشتی بعضی از ماهیان به اندامی مکنده برای چسبیدن به بدن سایر ماهیان تبدیل شده است مثل چسبک ماهی که به بدن کوسه می چسبد و با هم زندگی همزیستی دارند. کوسه برای چسبک غذا تهیه می کند و چسبک هم قدرت دیدش خیلی بیشتر از کوسه است و می تواند کوسه را هدایت کند.

باله سینه ای Pectoral fin

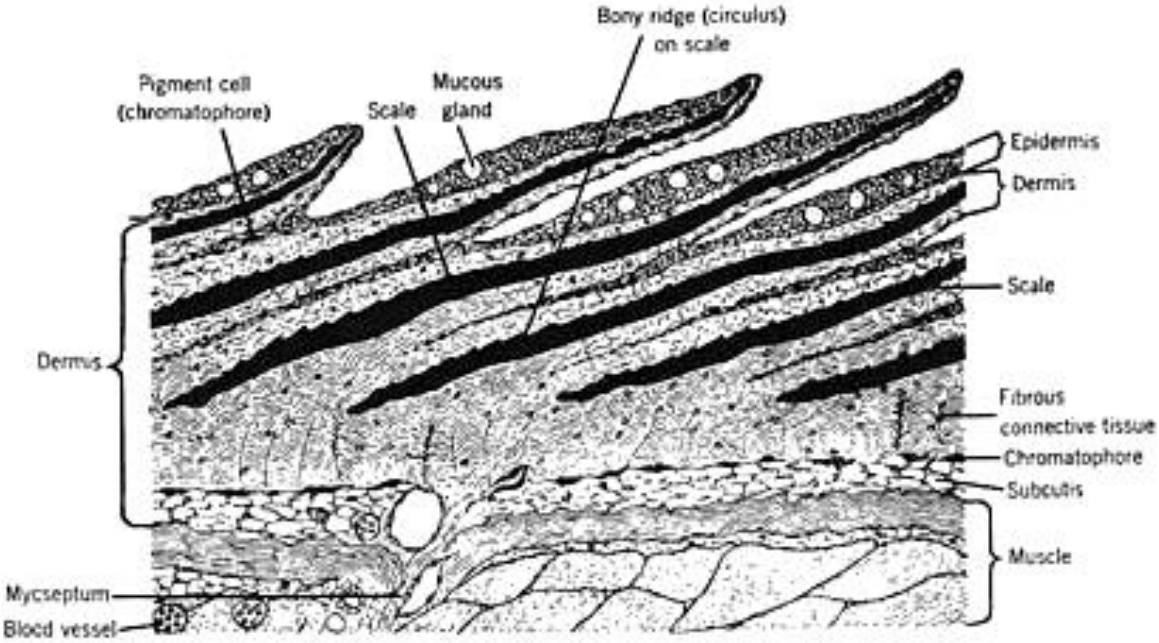
باله های سینه ای از نظر شکل و اندازه بسیار متفاوتند. ماهیانی که سرعت شنای آنها کم یا متوسط است، دارای باله های سینه ای گرد یا پهن هستند. باله ها دارای نوعی بریدگی و تیزی است. در ماهیانی که سرعت شناوری بیشتری دارند، معمولا باله های سینه ای داسی شکل و باریک هستند مانند ماهی هوور(از خانواده تن ماهیان). مار ماهیان دهان گرد فاقد باله سینه ای هستند. راشگو دارای شعاع آزاد در باله سینه ای است. در حلوا سفید باله سینه ای نسبتا بزرگ با اتصال بالائی و در ماهیان خاویاری باله های سینه ای اتصال پائینی دارند. در ماهیان پرنده (Exocoetidae) باله سینه‌ای رشد قابل ملاحظه ای پیدا کردند.
در ماهیان پهن مانند سپر ماهیان باله های سینه ای ناحیه اطرافی بدن را شامل می شوند.

باله شکمی Abdominal fin

یک جفت هستند و معمولا در قسمت میانی بدن قرار دارند و با پاهای سایر مهره داران قابل مقایسه و هم ساختار (همولوگوس) هستند.این باله ها در ماهیان در فواصل مختلف نسبت به باله سینه ای قرار دارند و طرز قرار گرفتن این باله ها یکی از فاکتورهای بسیار مشخص برای شناسایی و رده بندی ماهیان می باشد .هرگاه در حد وسط شکم ماهی قرار گرفته باشند، باله شکمی Abdominal (شکمی) و اگر در بخش خلفی تری قرار بگیرند باله لگنی(Pelvic) نامیده می شوند .ضمنا باله های شکمی در معدودی از ماهیان ممکن است در موقعیت سینه ای یا گلویی نیز قرار بگیرند.
* مارماهیان دهان گرد، حلوا سفید و مارماهیان استخوانی فاقد باله شکمی اند.
* در کوسه های نر و سپر ماهیان نر، تعدادی از شعاع‌های باله شکمی تغییر شکل یافته و به اندامی به نام کلاسپر(Clasper) یا(Myxopterygium) یا(Pterygopodium) تبدیل شده است. این ماهیان لقاح داخلی دارند و عمل کلاسپر انتقال اسپرم به ماهی ماده است.
در گاو ماهیان، دو باله شکمی به هم چسبیده اند و به کمک آن ها ماهی به بستر رودخانه یا دریا می چسبد. باله های شکمی ممکن است در عقب سطح شکمی(ماهیان خاویاری)، در وسط سطح شکمی(کپور ماهیان، آزاد ماهیان) و یا در جلوی سطح شکمی(سوف ماهیان، کفال ماهیان) قرار داشته باشد.

پوست Skin

پوست پوششی است که بدن موجود را از محیط جدا می کند و نقش حفاظتی برای موجود دارد و بسیاری از ارتباطات با محیط خارج از طریق آن صورت می‌گیرد. پوست ماهی وظایف متعددی از قبیل حفاظت، برقراری ارتباط، دریافت پیامهای حسی، حرکت، تنفس، تنظیم یونی، ترشح و تنظیم حرارتی را به عهده دارد .



ساختار عمومی پوست

پوست ماهیان همانند سایر مهره داران از دو لایه اصلی تشکیل شده است که شامل لایه خارجی (اپیدرم) و لایه داخلی (درم) می باشد. اپیدرم بافت پوششی چند لایه است و از لایه اکتوردم جنین منشأ می گیرد. این لایه به غشای پایه متصل است که اپیدرم را از درم جدا می کند.و درم ساختار فیبری با سلول های نسبتاً کم است و از مزانشیم جنین با منشأ مزودرمی منشأ می گیرد. معمولاً در ماهیان اپیدرم از درم نازک تر است ولی ضخامت آن بستگی به گونه ماهی، سن، شرایط محیطی و غیره دارد. در اپیدرم تعدادی اندام‌های ضمیمه مثل گیرنده‌های حساس، پولک‌ها، غدد موکوسی، غدد سمی و اندامهای درخشان وجود دارند که این اندامها در گونه های مختلف ماهیها، اختصاصی هستند.

الف)روپوست (Epiderm)

اپیدرم ماهی یک نوع بافت پوششی سنگفرشی مطبق است. تعداد لایه های سلولی از دو لایه در نوزادان تا ده لایه در ماهیان بالغ است. اپیدرم در ماهیان نازک است و از ۳۰-۱۰ لایه سلولی با ضخامت متوسط ۲۵۰ میکرون تشکیل شده است. در ماهی اسبک دریا و گونه‌های وابسته تنها دارای ۳-۲ لایه سلول های اپیدرمی است که ضخامت اپیدرم در آنها حدود ۲۰ میکرون است، ولی اپیدرم ناحیه لب‌های تاس ماهیان بیش از ۳mm ضخامت دارد.

واحد ساختاری اپیدرم ماهی، همانند تمام مهره داران سلول پوششی (اپی تلیال) است. وجود سلول پوششی تنها ویژگی ثابت در همه ماهیان است. روپوست، از اکتودرم منشا می گیرد و از چندین لایه سلولهای پوششی تشکیل شده است . اپیدرم علاوه بر سلولهای پوششی دارای چندین نوع سلول دیگر مثل سلول‌های جامی(Goblet cell)، سلول‌های چماقی(Club cell)، سلول‌های مولد نور و ... می باشد.

– **سلولهای چماقی شکل(Club cells)** نوع دیگری از سلولهای ترشحی اپیدرم ماهیان هستند، در بین ماهیانی که سلولهای چماقی شکل دارند می توان به ماهیان ابتدایی راسته پلی پتریفومس و مارماهیان اشاره کرد. بزرگترین گروه ماهیان دارای سلولهای چماقی شکل فوق راسته اوستاریوفیزی است که شامل راسته های Gymnotiforms , Siluriforms , Characiforms , Cypriniforms , Gonorhinchiforms و بیش از ۱/۴ گونه های ماهیان شناخته شده و۳/۴ ماهیان آب شیرین را در بر می گیرد.معمولاً این سلولها در لایه های میانی اپیدرم واقع شده اند و فاقد منافذی به سمت سطح اپیدرم هستند.

در ماهیان اوستاریوفیزی وظیفه سلولهای چماقی، ایجاد ماده هشدار دهنده یا دستگاه Schreckstoff است که عصاره ترس نام دارد و هنگامی که یک ماهی آسیب می بیند، غالباً ماهیان اوستاریوفیزی دیگر از طریق بوییدن به وجود این مواد پی می برند و واکنش دفاعی در مقابل شکارچی از خود نشان می دهند. مثلاً بصورت فشرده بصورت گله‌ای جمع می شوند و یا اینکه داخل پناهگاه می روند و یا اینکه بی حرکت می مانند.سلولهای چماقی در ماهیان استاریوفیزی به غیر از تولید عصاره ترس به بستن جراحات پوست نیز کمک می کنند.

– **سلولهای جامی (Goblet cell):** غده ای برون ریز و تک سلولی است که در بیشتر گروه های حیوانات متداول است. این سلول که جزء دستجات ثانویه سلول ترشحی در پوست ماهی محسوب می شود، همانند سایر مهره داران در بافت های پوششی درونی ماهی نیز دیده می شود و تقریباً به جز چند مورد بطور معمول در پوست ماهی یافت می شود. اپیدرم لامپری فاقد سلول های جامی شکل است. تولید موکوس در لامپری توسط سلول های پوششی صورت می گیرد اما در بیشتر ماهیهای دیگر، اپیدرم دارای سلول های موکوسی می باشد.

سلول‌های مولد نور (Photophore) و نور زیستی(Bioluminescense) در ماهیان

این اندامها در ماهیان دریایی و بیشتر در ماهیان اعماق دریا یافت می شوند. اما درماهیان آبهای کم عمق تر نیز دیده می شوند. ماهیانی که قادر به تولید نور هستند بیشترشان در آبهای عمیق(۱۰۰۰-۳۰۰ متر) زندگی می کنند. به نور تولید شده نور سرد اطلاق می شود. چون فاقد حرارت و گرما است. تولید نور در ماهیان در اندام خاصی که فتوفور(Photophores) نامیده می شود صورت می گیرد. نور زیستی یا زنده در ماهیان دو نوع است:

۱) نوری که در اثر حضور باکتری های مولد نور در در اندام های نوری بر اساس یک ارتباط همزیستی ایجاد می شود.

۲) نوری که از سلول های مولد نور (self – luminous) بصورت خود بخود بوجود می آید.

باکتریهای مولد نور در اندام های نوری ماهیان شناسایی شده اند که شامل گونه هایی از فتوباکتریوم و ویبریو هستند. اندام های مولد نور چه از نوع باکتریایی و چه از نوع خود بخودی منشأ اپیدرمی دارند و تقریباً در هر جایی از بدن دیده می شوند.

ب) لایه درم

بخش اعظم این لایه از بافت همبند فیبری تشکیل شده و واجد رگ های خونی، اعصاب، فلس‌ها و بافت چربی است. درم بسیار ضخیم تر از اپیدرم است و از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. معمولاً این لایه از لایهٔ اسفنجی Stratum spongiosum تشکیل یافته است که شبکه ای از بافت همبند است و درست در زیر اپیدرم قرار دارد.

لایه عمیق تر درم، لایه متراکم (Stratum compactum) است. معمولاً درم دارای بافت همبند و تعداد اندکی سلول نیز است همچنین یک لایه تحت کوتیس (Subcutis) از بافت همبند بعد از عضلات قرار می گیرد. درم حاوی سلول های رنگدانه ای، رگ های خونی، اعصاب، عدسی های مولد نور، اسکیوت و فلس‌ها می باشد.

ج)غشای پایه

غشای پایه جزئی از درم به حساب می آید، اما مشارکت اپیدرم نیز برای شکل گیری آن ضروری است. غشای پایه چندین وظیفه بعهده دارد: آنها بعنوان سد تصفیه کننده عمل می کنند و عبور سلول ها و مولکول ها بین بافتهای مختلف را کنترل می کنند و همچنین تصور می شود که در تنظیم شکل گیری ظاهر ماهی و التیام زخم نقش دارند و همچنین محل اتصال سلول های پوششی و سایر سلول ها هستند.

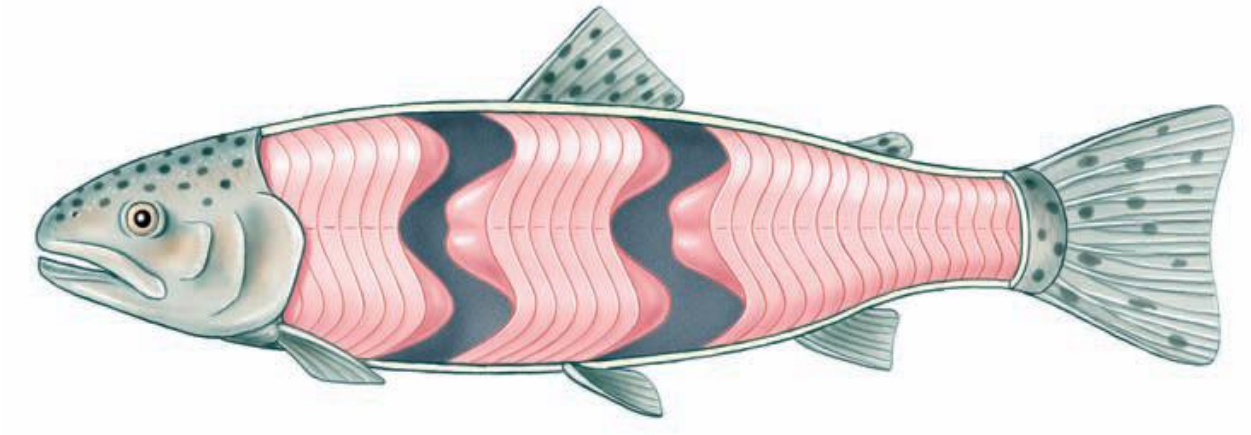
د) هیپودرم

معمولاً بخش فوقانی هیپودرم درست در زیر بافت پوششی داخلی پوست توسط لایهٔ کروماتوفورهای عمقی اشغال می شود. رگ های خونی و دستجات عصبی که در پری نوریوم (perinurium) محصور شده اند نیز در این لایه قرار می گیرند. در زیر آن سلول های متورم حاوی چربی زیر پوست قرار دارند. قابلیت انعطاف هیپودرم امکان می دهد که حرکت قابل ملاحظه جلد بین لایه فشرده و میوتوم (عضلات) سطحی صورت گیرد.

ه) عضلات

در اکثر ماهیان عضلات تنه و دم، قسمت اعظم توده بدن را تشکیل می دهند. عضلات بر اساس بافت در ماهیان مشابه پستانداران شامل:
۱- اسکلتی Skeletal،۲- قلبی Cardial و ۳- صاف Smooth می شود.

ماهیچه های بدن در طول بدن به طور عمودی به بخش هایی به نام میومر یا میوتوم(Myomere) تقسیم شده اند که توسط صفحات بافت همبند به نام میوسپتا(Myosepta) از هم جدا می شوند. میومرها به شکل حرف W می باشند.



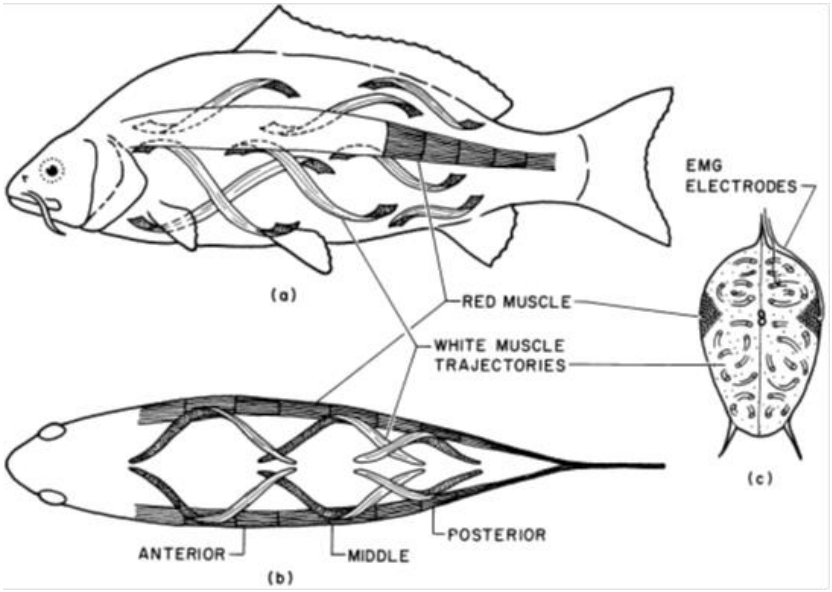
انواع عضلات در ماهیان

۱ - عضلات قرمز: دارای عروق و مویرگهای زیادی هستند و رنگ آن به سبب رنگدانه ای مستقل به اکسیژن در خون است و در تامین اکسیژن برای سلولها نقش دارد و ماهیانی که فعالیت بیشتری دارند، دارای عضلات قرمز بیشتری هستند که از راه هوازی تامین انرژی می کنند و برای عکس العملهای طولانی مدت و بی وقفه کاربرد دارند.

۲ – عضلات سفید :

نسبت به عضلات قرمز ضخیم تر هستند و گلیگوژن را به اسیدلاکتیک تبدیل می کنند که برای عکس العملهای کوتاه ولی انفجاری و سریع مفید است و از راه بی‌هوازی انرژیشان را بدست می آورند . در ماهیان کم تحرک این عضلات بیشتر هستند.

۳ – عضلات صورتی :
برای سرعتهای زیادی که برای عضلات قرمز تحملش مشکل است به کار می رود و برای عضلات سفید کم است و برای سرعتهای کند استفاده می شود.



رنگ بدن ماهیان:

بیش تر ماهیان به خصوص انواع سطح زی پلاژیک (Plagic) دارای رنگ نقره ای می باشند که این رنگ به علت برخورد نور با کریستال های بسیار ریز و بی رنگی است که درون سلول های مخصوص به نام سلول های ایریدوسیت(سلول های درخشنده یا جلادار) (Iridocyte) به وجود می آید؛ این سلول ها در ناحیه زیرین پوست قرار دارند و دارای ماده ای به نام گوانین می باشند .گوانین ماده ای است درخشنده و نقره فام که به صورت کریستال در پوست ماهیان، در فلس ماهیان و در پوسته صدف نرم تنان و حتی در مروارید دیده می شود.

رنگ بدن ماهیان ناشی از دو دسته سلول است:

۱- کروماتوسیت یا سلول های رنگی(Chromatophore): دارای پیگمان های رنگی و ضمائم سیتوپلاسمی(ستاره ای شکل) هستند؛ کروماتوفورها بیشتر در درم و بندرت در اپی درم هستند و به سه دسته تقسیم می شوند:

الف) ملانوفورها Melanophore سیاه، قهوه ای، سیاه مایل به آبی رنگ

ب) گزانتوفورها Xanthophore نارنجی تیره تا زرد

ج) اریتروفورها Erythrophore قرمز رنگ، بیشتر در ماهیان گرمسیری دیده می شوند

۲- آکروماتوسیت(ایریدیوفور): سلول های فاقد مواد رنگی، بیضی شکل و فاقد ضمائم هستند و به دو دسته تقسیم می شوند:

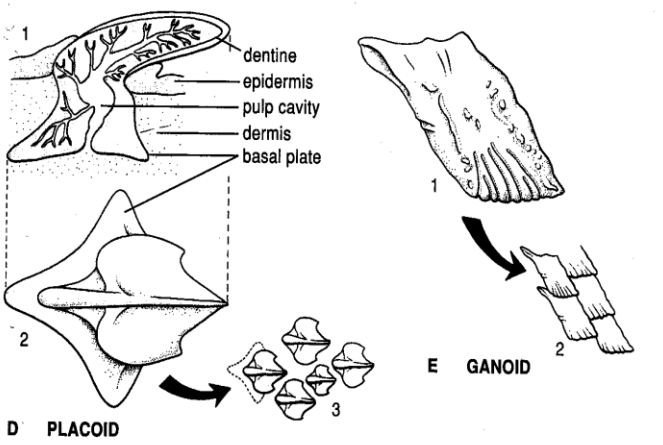
الف) گوانوسیت ها Guanocyte دارای گوانین نقره فام و درخشنده

ب) لوکوسیت ها Leukocyte بی رنگ،(شیری رنگ، سفید رنگ) ماهی بی رنگAlbino

فلس (Scale)

فلس ها قطعات استخوانی با منشا درمی (scale pocket) هستند که دارای شکل، اندازه و تعداد متفاوت در ماهیان مختلف هستند. علم فلس شناسی را Lepidology گویند. ظهور فلس در ماهیان استخوانی زمانی است که بچه ماهی ها به ۳cm می رسند. فلس ها تمام بدن ماهی جز ناحیه سر را در غالب ماهیان استخوانی : کپور ماهیان، آزادماهیان می پوشانند. در ماهی کفال فلس در ناحیه سر نیز مشاهده می شود. در ماهیان خاویاری فلس تنها در قسمت بالایی شاخه فوقانی باله دمی مشاهده می شود.در تن ماهیان (زرده و هوور) به فلس های اطراف ناحیه سینه ای **Corselet** اطلاق می شود.

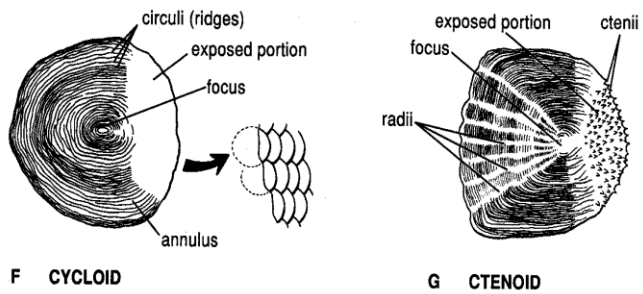
* مارماهی دهان گرد، گربه ماهی و سپر ماهیان فاقد فلس هستند.



چهار نوع فلس وجود دارد که به ترتیب تکامل عبارتند از:

۱-فلس صفحه ای (placoid) : قدیمی ترین نوع فلس است، در کوسه ماهیان و ماهیان وجود دارد. اگر در کوسه ماهیان از طرف سر به طرف دم دست بکشیم چیزی احساس نمی کنیم ولی اگر از طرف دم به طرف سر دست بکشیم، زبری خاصی احساس می شود که این زبری در واقع نوک فلس های پلاکوئیدی کوسه است.

۲-فلس لوزی شکل (Ganoid) : در قسمت فوقانی باله دمی و جلوی باله سینه ای تاس ماهیان از این نوع فلس است .



۳- **فلس دایره ای (Cycloid)** : این نوع فلس در کپور ماهیان دیده می شود.

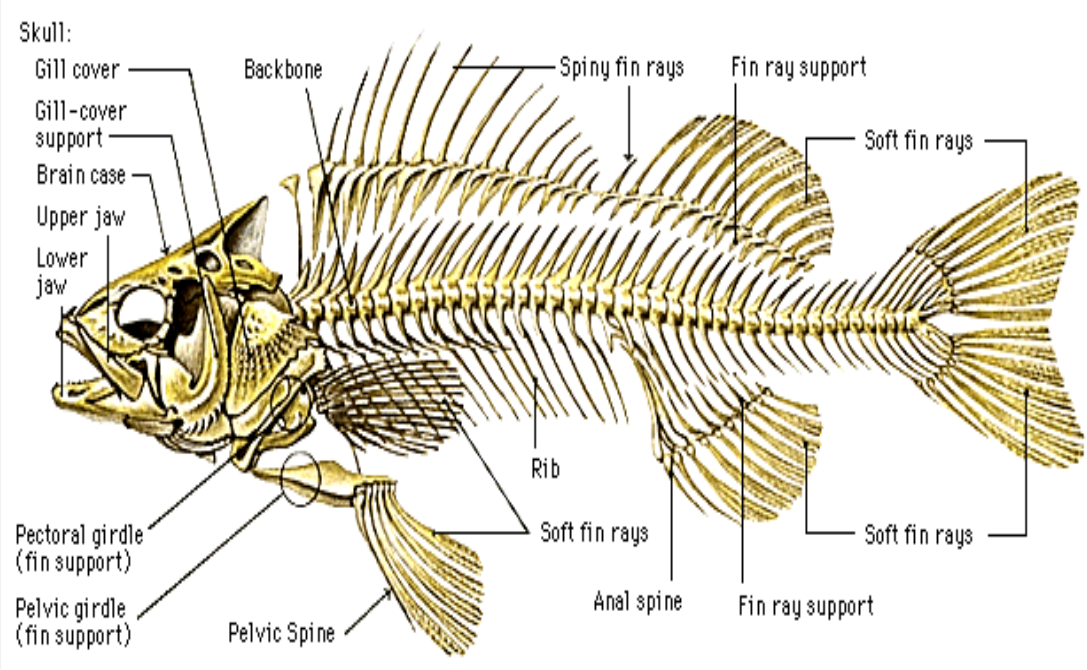
۴- **فلس شانه ای(Ctenoid)** ، تکامل یافته ترین نوع فلس است، سوف ماهیان ، کفال ماهیان دریایی وجود دارد (کفال ماهیان آب شیرین فلس سیکلوئیدی دارند) . در کفشک ماهیان سطحی که چشم قرار گرفته است فلس کتنوئیدی و سطحی که فاقد چشم است فلس سیکلوئیدی دارد.

فلس ها ممکن است در سطح پوست (اغلب ماهیان فلس دار نظیر کپور وقزل آلا)، یا در زیر پوست (نیزه ماهیان که فک بالایی آن ها تیز ونیزه شکل است وفک پائینی آن ها هم نوک تیز ولی کوتاه تر است ویادر ناحیه میان پوست(مار ماهی مهاجر)، قرار داشته باشند.

تعیین سن ماهیان: یکی از رایج ترین روش های تعیین سن ماهیان استفاده از فلس آنها و شمردن حلقه های رشد(Circuli) است. در اب های مناطق معتدل فاصله بین حلقه های رشد در پائیز و زمستان کاهش یافته و باندهای تیره ای به نام آنولی(Annulus) ایجاد می نماید. مهاجرت از آب شیرین به شور، الودگی انگلی و... می تواند نشانه هایی شبیه به آنولی روی فلس بگذارد. از این رو در تفسیر این حلقه ها باید دقت نمود.

اسکلت ماهی

وظیفه اسکلت ماهی ها، حفاظت و نگهداری تمام عضلات بدن، مغز و اندام های حسی است. اسکلت ماهیان غضروفی از جنس غضروف، در ماهیان غضروفی- استخوانی :غضروفی و در ناحیه سر استخوانی و در ماهیان استخوانی : کاملا استخوانی است.



جمجمه

جمجمه ماهیان از دو قسمت تشکیل شده است. ۱- محفظه مغزی(Neurocranium) ۲- اسکلت احشایی(Visceral cranium)

محفظه مغزی شامل ۴ بخش است

۱- کپسول بویایی(Regio nasalis) : از ۶ قطعه استخوان تشکیل شده است: Nasal,Vomer, Ethmoid, Frontal, Palantium, Pterygoid

۲- کپسول بینایی(Regio orbitalis): از ۴ قطعه استخوان تشکیل شده است: Sphenoid, Basisphenoid, Alisphenoid, Orbitosphenoid

۳- کپسول شنوایی(Regio Otica): از ۳ قطعه استخوانی تشکیل شده است: Preotic, Opisthotic, Epiotic

۴- رابط میانی(Regio occipitalis): اتصال مغز به نخاع ، از ۴ قطعه استخوان تشکیل شده است: Occipital, Supraoccipital, Basioccipital, Occipital lateralis

اسکلت احشایی

شامل آرواره ها و استخوان های سرپوش آبششی است. در فک بالا استخوان های فکیMaxillary و پیش فکی Premaxillary مشاهده می شود. در فک پایین استخوانهای دندانیDentary، زاویه ایAngular و مفصلیArticular وجود دارد. استخوانهای دیگر اسکلت احشایی عبارتند از پرویزنی(Ethmoid)، پیشانی(Frontal)، آهیانه(Parietal)، پس سری(Occipital)، اشکی(Lacrimal)، حدقه چشمی(Circumorbital)، دندانی(Dentary)، مربعی(Quadrate)، ساده(Symplectic)، رجلی(Pterygoid) و کمربند شانه ای(شامل کتفScapula، غرابی Cleithruwو ترقوهCoracoid است)

استخوانهای سرپوش آبششی عبارتند از:

۱- پیش سرپوش آبششیPreopercle

۲- سرپوش آبششیOpercle

۳- بین سرپوش آبششی Interopercle

۴- زیرسرپوش آبششیSubopercle

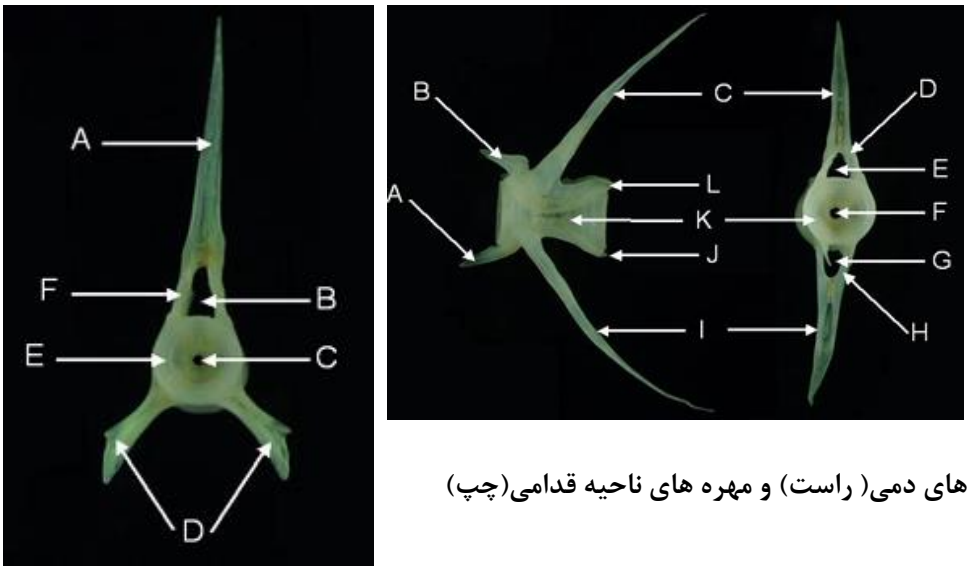
ستون مهره ها

از نظر رشد در ماهیان متفاوت است و مهره ها اگر چه در یک ردیف قراردارند، اما مهره ها زوائد لازم جهت پیوستن را ندارند و مهره ها اساس ساختاری جهت حرکات شنای ماهیان را تامین می کند و برای هر بند بدن یک مهره وجود دارد و برای تحمل فشار زیادی که در اثر انقباض توده عضلات بزرگ در حین شنا وارد می شود سازگاری یافته است. در هاگ فیش ها آثاراولیه وجود مهره های غضروفی کوچک دیده می شوند که در ناحیه دمی هستند و در لامپری اجزای کمان خونی سرتاسر طول بدن دیده می شود و در ماهیان الاسموبرانشی مهره غضروفی فشرده و منقبض شده و به یک رشته تسبیح مانند شباهت دارد. در ماهیان خاویاری ستون فقرات بیشتر غضروفی است و درماهیان تلئوست مهره های استخوانی از دو طرف مقعرالطرفین هستند که فضای خالی بوسیله نوتوکورد پر می شود. در ماهیان استخوانی به آخرین مهره بدن اورواستیل(Urostyle) و به ملحقات آن صفحه هیپورال(Hypural plate) گویند.

ستون مهره ها از ۲ نوع مهره ساخته شده است

۱ – مهره های قدامی (اطلس و آکسیس): که برای اتصال به جمجمه اختصاص یافته است

۲ – مهره های خلفی: که تغییر شکل یافته و به یک ردیف صفحات استخوان پهن(هیپورال –اپورال – اوروستیل) تبدیل شده که با شعاع باله دمی متصل شده و بین این دو ردیف، مهره های تنه قرارگرفته‌اند و وظیفه خون رسانی به تمام عضلات دمی می باشد.



شکل- مهر ه های دمی(راست) و مهره های ناحیه قدامی(چپ)
درماهی:A

جمجمه ماهیان

جمجمه دارای یک ساختار پیچیده است که اولین نقطه آن سرمی باشد که محل ورود آب و غذا برای تغذیه و تنفس است و محل اندمهای مهم حساس است و پوشش حفاظتی مغز و آبشش و سایراندام ها به حساب می اید و نیز محل شروع حرکت ماهی است، که شامل :

۱ – جمجمه عصبی(سفت ومغزواندام حسی شامل می گردد

۲ – آرواره ها(فکین شامل می گردد)

۳ - غضروف آبششی (که آبششها را حمایت می کند)

اسکلت ضمیمه ای

که حمایت کننده داخلی برای باله های مختلف سینه‌ای و شکمی است .

دستگاه عصبی **Nervous system**

دستگاه عصبی شامل سیستم عصبی مرکزی (مغز و نخاع)(CNS) و سیستم عصبی محیطی(PNS) (اعصاب محیطی)است.

مغز

مغز در ماهیان داخل حفره نوروکرانیوم(Neurocranium) قرار گرفته است و توسط غضروف، استخوان، پرده مننژ، مایع مغزی نخاعی و بافت چربی که بخش اعظم جمجه را اشغال کرده است محافظت می شود. در ادامه مغز نخاع قرار گرفته است که از طریق سوراخ فورامن مگنوم(Foramen magnum) به سمت خلفی بدن در داخل کمان عصبی مهره ها کشیده شده است. اعصاب مغزی نیز توسط منافذی که در جمجمه است به سایر قسمت های بدن کشیده می شود.

مغز در ماهیان دارای تفاوت های قابل ملاحظه ای است که یکی به علت سطح تکاملی ماهیان(فیلوژنیک) و نیز توسط وظایف حسی و حرکتی مشخص در نوع ماهی می باشد. برای مثال اندازه نسبی مغز در ماهیان زیر عبارتست از: کوسه ماهیان کمتر از ۰/۱٪ کل وزن بدن، کپورماهیان دو برابر کوسه ماهیان(حدود ۲/۰٪ وزن کل بدن) و Marmyridae بیش از ۱٪ وزن بدن.

مغز ماهی ها از سه قسمت تشکیل شده است:

۱- بویاییProsencephalon

۲- بیناییMesencephalon

۳- سیستم شنوایی- خط جانبیRhombencephalon

با رشد لارو و تکامل مغز پنج قسمت دیده می شود:

۱- مغز جلویی Telencephalon

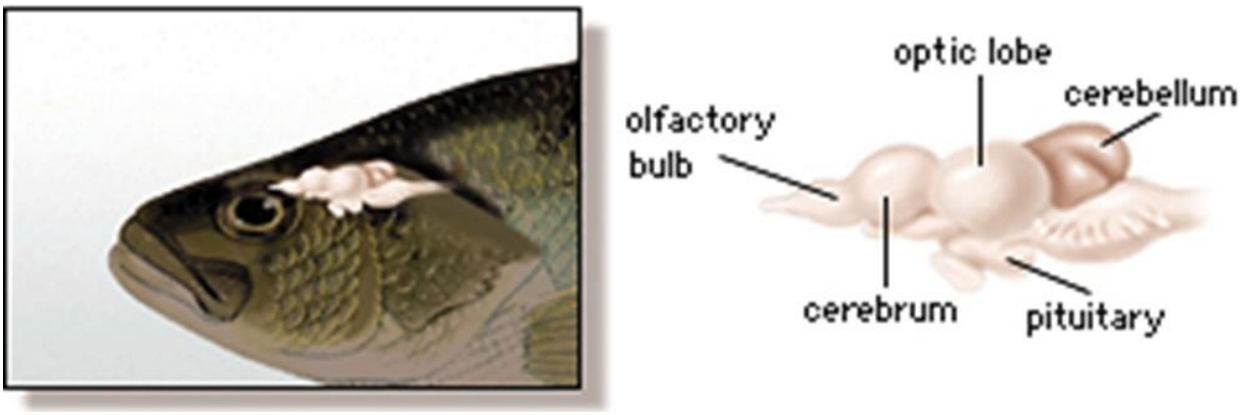
۲- مغز رابط Diencephalon

۳- مغز میانی Mesencephalon

۴- مخچه Metencephalon

۵- بصل النخاع Myelencephalon

بنابراین مغز ماهی بالغ از ۵ قسمت تشکیل شده است. هیپوفیز در قسمت زیرینDiencephalon در برجستگی به نام Infandibulum قرار دارد.



شکل- ساختار مغز در ماهی (سوف)

۱-مغز جلویی Telencephalon

قسمت قدامی و اولیه مغز ماهیان را تشکیل می دهد. به دو نیمکره چپ و راست تقسیم می شود که در حقیقت لوبهای بویایی Olfactory) (lobe را تشکیل می دهند که جلوی آن نوار بویایی(Olfactory tract) قرار دارد که تا پیاز بویایی(Olfactory bulb) امتداد دارند. پیاز بویایی در محل اندام بویایی در ماهیان قرار گرفته است. تلن سفالون مرکز اصلی حس بویایی است. اندازه آن در ماهیان مختلف متفاوت بوده و در ماهیانی که دارای قدرت بویایی بسیار می باشند مانند کوسه ماهیان و سپرماهیان رشد بسیاری کرده است و تقریبا بزرگترین بخش مغز را تشکیل می دهد. در حالیکه در ماهیان استخوانی اندازه آن کوچکتر است. ماهیان فاقد بطن های جانبی ۱و۲ می باشند.

۲-مغز رابط Diencephalon

دی ان سفالون دارای ساختاری کوچک و پیچیده می باشد که در قسمت شکمی مغز و در ناحیه مغز جلویی و میانی قرار گرفته است و از سطح پشتی دیده نمی شود. دی ان سفالون از سه بخش تشکیل شده است:

۱- اپی تالاموس: حاوی غده پینه آل می باشد. این اندام به نور حساس بوده و ملاتونین را ترشح می کند که باعث تغییر رنگ پوست می شود.
۲- تالاموس: حاوی مراکز خودکار عصبیAutonomic بوده و کنترل وظایف و اعمال خودکار را بعهده دارد.
۳- هیپوتالاموس: در قسمت زیرین Diencephalon قرار گرفته و واجد کیسه ای به نام Infandibulum در قسمت پایین بوده که هیپوفیز در این قسمت قرار می گیرد(در حفره زین ترکی در جمجمه)

- هیپوتالاموس با بسیاری از قسمت های مغز در ارتباط است و به عنوان یک مرکز هماهنگی می باشد.
- در بعضی ماهیان آبهای عمیق دارای ساختار حاوی عروق خونی فراوان به نام Sacus vasculosus است که احتمالا گیرنده فشاری است.

➢ وظایف Diencephalon

۱- تغییر رنگ و درک نور(توسط غده پینه آل در اپی تالاموس)
۲- ایجاد هماهنگی و ارتباط بین پیامهای ورودی و خروجی(از طریق سیستم غدد درون ریز و سیستم عصبی خودکار)
۳- دی ان سفالون حاوی بطن ۳ مغزی است(بطن ۳ و ۴ مایع مغزی نخاعی را ترشح می کند)

۳-مغز میانی Mesencephalon

مزن سفالون یک ساختار نسبتا بزرگی است که در ماهیان استخوانی بزرگتر از ماهیان غضروفی می باشد. در بین ماهیان استخوانی نیز ماهیانی که دارای دید بیشتری هستند(قزل آلا) مزن سفالون بزرگتری دارند. در هگ فیش (دارای بقایایی از چشم) بسیار کوچک است.

مغز میانی شامل دو بخش است:

۱- بخش پشتی یا تکتوم بینایی(Optic tectum) :که واجد ۶ لایه بوده و از رشته ها و سلولهای عصبی بینایی تشکیل شده است.

۲- بخش شکمی یا تگمنتوم (Tegmentum) : حاوی اعصاب چشایی- شنوایی، خط جانبی است

وظایف مغز میانی عبارتند از :

- یادگیری
- هماهنگی و ارتباط بین پیام های حسی و پاسخ های حرکتی
- این بخش در ماهی همانند قشر مخ در مهره داران عالی است.

۴-مخچه Metencephalon

مخچه یا مغز کوچک، بخش قابل ملاحظه ای در ماهیان غضروفی و استخوانی را تشکیل می دهد. گربه ماهیان و تن ماهیان واجد مخچه بزرگ هستند. این بدر خش از مغز در لامپری بسیار کوچک و در هگ فیش قابل تشخیص نیست.

- وظایف مخچه عبارتند از:
  - مرکز کنترل فعالیتهای حرکتی خودکار مانند حفظ و تنظیم وضعیت و حرکت
  - مرکز اختلاط بین حس شنوایی و خط جانبی
  - مخچه در ماهی در حفظ وکنترل انقباضات عضلات ارادی بدن نقش داشته و از این طریق در تعادل ماهی (بطور مستقیم) نقش دارد

۵-بصل النخاع Myelencephalon

بصل النخاع یا پیاز نخاعی: رابط مغز و نخاع است. در مهره داران پست از لحاظ ساختمانی مشابه نخاع بوده، کانال مرکزی آن بزرگتر است و فضای متسع و پر از مایع بطن چهارم را تشکیل می دهد. بسیاری از اعصاب مغزی از بصل النخاع نشات می گیرند.از جمله این اعصاب: اعصاب سه قلو.Terigeminal n، دور کننده .Abducens n،صورت .Facial n،زبانی حلقی .Glossopharyngeal n،واگ .Vagus n

- وظایف بصل النخاع:

الف)حفظ تعادل و تاثیر بر دستگاه شنوایی- خط جانبی

ب)کنترل حرکات تنفسی

ج)کنترل کروماتوفورها

* Mauthner : سلولهای عصبی بزرگی در بصل النخاع ماهیان استخوانی است

د) ایجاد تعادل در حرکات ماهی: ارتباط دندریت آن با مرکز شنوایی- خط جانبی و آکسون آن با عضلات دم

اعصاب محیطی

اتصال با گره ها و اعصاب دستگاه عصبی مرکزی از طریق ریشه های شکمی و ریشه های پشتی با اعصاب نخاعی

ریشه های اعصاب نخاعی شامل: الف) ریشه های حسی خلفی (پشتی): رشته های آوران سوماتیک و احشایی و برخی رشته های وابران احشایی و ب) ریشه های حرکتی قدامی (شکمی) : رشته های وابران سوماتیک و احشایی است

گره های دستگاه عصبی نیز شامل: سمپاتیک (جسم سلولی در نخاع) :ترشح آدرنالین و نور آدرنالین و پاراسمپاتیک(جسم سلولی در مغز): ترشح استیل کولین است

نخاع Spinal cord

ساختاری مشابه نخاع مهره داران عالی دارد. در مقطع عرضی آن، ماده خاکستری Y شکل در مرکز و ماده سفید در اطراف قابل مشاهده است. در وسط آن کانال اپاندیم حاوی مایع مغزی نخاعی می باشد. ماده خاکستری واجد دو گروه بزرگ سلولی است:

الف: گروهی در ناحیه پشتی: کنترل حرکات عضلات تنه

ب : گروهی در ناحیه شکمی : تصعیب مناطقی خاص مانند باله ها.

اعصاب مغزی

اعصاب مغزی شامل ده زوج عصب مغزی و یک عدد عصب مغزی یازدهم به نام عصب صفر یا انتهایی است

۰) عصب انتهایی .Terminal n : با عصب بویایی ارتباط دارد.

I) عصب بویایی .Olfactory n: عصبی حسی است که از اندام بویایی تا مرکز بویایی کشیده شده است.

II) عصب بینایی .Optic n : انتقال امواج بینایی (ارتباط بین شبکیه وتکتوم بینایی) را بر عهده دارند.

III) عصب حرکتی مشترک چشم .Aculomotor n : عصبی حرکتی که به تعدادی از عضلات چشم عصب رسانی می‌کند.

IV) عصب اشتیاقی .Trochlear n: عصبی حرکتی ، تعصیب عضله مورب فوقانی چشم

V) عصب سه قلو.Trigeminal n: عصبی سه شاخه است که ۲ شاخه حسی و ۱ شاخه حسی- حرکتی دارد.

VI) عصب دور کننده .Abducens n : عصبی حرکتی که از بصل النخاع تا عضله مستقیم خارجی چشم امتداد یافته است

VII) عصب صورت .Facial n: سه شاخه دارد : عصب بینایی، عصب دهانی و فکی لامی

VIII) عصب شنوایی.Acoustic n : یک عصب حسی است که با گوش داخلی ارتباط دارد

IX) عصب زبانی حلقی.Glossopharyngeal n : عصب حسی- حرکتی که با جوانه های چشایی، حلق و عضلات آبشش مرتبط است

IX) عصب واگ .Vagus n: خط جانبی، تعصیب گیرنده های چشایی و اندام های داخلی

غدد درون ریز(Endocrine glands)

الف) هیپوتالاموس :

هورمون های هیپوتالاموس، اغلب عصبی هستند واز طریق آکسون (انتهای رشته عصبی) برهیپوفیز اثر می گذارند . هیپوتالاموس خود چند نوع هورمون ترشح می کند که هر کدام کارایی خاص خود را دارند مثل :

۱- هورمون GNRH (Gonadotropin releasing hormone)

۲- هورمون دوپامین(Dopamin)

۳- هورمون آزاد کننده تیروتروپینTRH (Thyrotropin- releasing hormone)

۴- هورمون آزاد کننده هورمون رشد GRH(releasing hormone – Growth hormone)

۵- هورمون جلوگیری کنند از ترشح هورمون رشد(سوماتواستاتین یاGIH)(Growth hormone – I nhibiting hormone)

۶- هورمون آزاد کننده کورتیکوتروپین CRH (Releasing hormone – Corticotropin)

ب) هیپوفیز :

هیپوفیز غده ای بسیار کوچک است که از هیپوتالاموس آویزان است . این غده از غدد بسیار مهم در ماهیان است . هیپوفیز شامل دو قسمت است:

۱- ادنوهیپوفیز که بافتی غده ای دارد .

۲- نوروهیپوفیز (هیپوفیز خلفی یاعصبی) که بافتی عصبی دارد .

ج) غده پینه آل یا صنوبری یا اپی فیز :

غده Pineal در پشت اپی تالاموس قرار دارد. در این غده سلول‌های گیرنده نور وجود دارد و ساختمان این گیرنده های نوری همانند ساختمان سلول های مخروطی شکل گیرنده نور در شبکه چشم است. حساسیت اپی فیز ماهی به نور توسط روشهای الکترو فیزیولوژیک به اثبات رسیده است .

کار اپی فیز ترشح هورمون ملاتونین در تمام مهره داران است. میزان هورمون ملاتونین در غده پینه آل وخون با نوسانات منظمی همراه بوده و تابع دوره های نوری (فتوپریود) می باشد. در طول چرخه روشنایی _ تاریکی ، مقادیر بالای ملاتونین در مرحله تاریکی مشاهده می شود؛ در حالی که مقدار این هورمون در مرحله روشنایی بسیار کم می گردد . این الگو در تمام مهره داران از جمله ماهیان وجود دارد . تصور بر آن است که غده پینه ال در تغیر منظم فعالیت روزانه ماهی ، نقش مهمی داشته باشد. کاهش رنگ پوست بدن ماهی قزل آلامربوط به اثر ملاتونین است. در ماهی حوض مشاهده شده است که غده پینه آل اثر باز دارنده بر رشد غدد جنسی دارد.

د) غده تیروئید (Thyroid gland)

غده تیروئید در بسیاری از ماهیان استخوانی حقیقی ، مشابه مهره داران نیست و فولیکول های ترشحی آن به صورت منفرد یا دسته ای در داخل بافتی همبند در اطراف شاخه های شریان آوران آبششی پراکنده هستند و به شکل یک اندام کامل نیست. در ماهی کپور ، ماهی حوض ، تعدادی از فولیکول های غده تیروئید در قلب ، راس کلیه ، کلیه ، طحال ودر اطراف بعضی رگ های خونی مشاهده می شود .

در ماهیان غضروفی و تعداد کمی از ماهیان استخوانی حقیقی نظیر ماهی تون ، هوور مسقطی وطوطی ماهی ، غده تیروئید از یک یا چند توده متراکم بافتی تشکیل شده است.

هورمون ترشح شده از غده تیروئید شامل دو نوع مولکول است :

۱- تترایدوتیرونین (تیروکسین ، T_4)

۲- تری یدوتیرونین(T_3)

در ماهیان استخوانی حقیقی ، معمولا سطح T_4 در پلاسمای خون بالاتراز T_3 می باشد. T_4 در بافت های هدف به T_3 تبدیل شده و اعمال نقش می کند. اثرات T_3 چندین برابر T_4 می باشد. هورمون تیروئید در متابولیسم بدن ، دگردیسی لاروبرخی ماهیان ، تنظیم اسمزی و نقره ای فام شدن سطح بدن آزاد ماهیان (در تبدیل بچه آزاد ماهیان از مرحلهParr به Smoltدر فصل بهار) موثر است.

ه) غده اولتیموبرانشیال(Ultimobranchial gland)

این غده را جسمک بالایی نزدیک قلبی (Suprapericadial body) و یا غده زیر مری (Subesophageal gland) نیز می نامند . غده اولتیموبرانشیال در مار ماهی وقزل آلای رنگین کمان یک جفت است، ولی در ماهی کپور به صورت توده ای منفرد است. این غده هورمون کلسی‌تونین (هورمونی پروتئینی) ترشح می نماید. هورمون کلسی‌تونین در پستانداران سبب کاهش غلظت کلسیم خون می شود اما اثرات دقیق آن در ماهی هنوز مشخص نشده است.

و) قلب (Heart)

قلب ماهیان دو نوع هورمون پپتیدی (پروتئینی) ترشح می کند . یکی از دهلیز ترشح می شود و دیگری از بطن . هورمون ترشح شده از دهلیز ANP یا Atrial natriuretic peptide و هورمون ترشح شده از بطن VNP یا Ventricular natriuretic peptide می باشد . کار این هورمون ها در ماهی هنوز مشخص نیست اما پیشنهاد شده که ممکن است در تنظیم اسمزی نقش داشته باشند.

ز) غده اینتررنال و سلول های کرومافین(Interrenal gland and Chromaffin cells)

پستان داران غده فوق کلیوی دارند. ماهی ها به جای قسمت قشری غده فوق کلیوی، دارای غده اینتررنال در بخش قدامی کلیه و به جای قسمت مرکزی غده فوق کلیوی، دارای سلول‌های کرومافین در نزدیکی غده اینتررنال هستند. در ماهی قزل آلای رنگین کمان غده اینتررنال و سلول‌های کرومافین در راس کلیه قابل تشخیص هستند و بافت های آنها به صورت جداگانه پخش شده اند و در هم آمیخته نشده اند، اما در ماهی کپور، سلول های کرومافین به صورت انفرادی یا توده ای در میان سلول های اینتررنال قرار دارند . سلول های کرومافین، آدرنالین (Adrenaline) و نورآدرنالین ترشح می کنند، در حالی که غده اینتررنال، کورتیکوئیدها را ترشح می کند. کورتیکوئید اصلی در ماهیان استخوانی حقیقی، کورتیزول می باشد. کورتیزول در سازگاری ماهیان به آب شور و مقابله با استرس نقش دارد در این زمان ها میزان ترشح هورمون کورتیزول به خون افزایش می یابد. آدرنالین و نورآدرنالین که به آنها اپی نفرین و نوراپی نفرین هم گفته می شود، سبب تشدید ضربان قلب، افزایش فشار خون، افزایش فعالیت سیستم سمپاتیک (یعنی انبساط رگ ها و به تبع آن افزایش جریان خون در ماهیچه وکبد وآبشش ها ؛ انقباض رگ ها و به تبع آن کاهش جریان خون در اندام های احشایی مثل لوله گوارش ، پوست و ...) و افزایش قند خون از طریق تبدیل گلیکوژن به گلوکز می شود. این اثرات به سندرم جنگ یا گریز موسوم است. تفاوت این دو هورمون فقط در کیفیت و شدت اثر آن ها است.

ح)جزایر لانگرهانس :

اطلاعات زیادی در مورد جزایر لانگرهانس ماهیان وجود ندارد . جزایر لانگرهانس در بعضی از گونه ها مانند ماهی کپور وروغن ماهی نسبتا بزرگ است و از قسمت برون ریز پانکراس (لوزالمعده) به آسانی قابل تشخیص است اما در قزل آلای رنگین کمان و مار ماهی نمی توان این دو قسمت را به آسانی از هم تفکیک کرد .

سه نوع سلول D،B،A توسط میکروسکوپ نوری در جزایر لانگرهانس ماهیان استخوانی حقیقی قابل تشخیص است . سلول های A، هورمون گلوکاگون تولید وترشح می کنند. گلوکاگون سبب افزایش قند خون از طریق تبدیل گلیکوژن به گلوکز می شود . سلول های B،

انسولین ترشح می کنند. انسولین سبب کاهش گلوکز خون می شود . سلول های D، هورمون سوماتوستانین (Somatostanin) ترشح می کنند . این هورمون از ترشح گلوکاگون وانسولین جلوگیری می کند.

ط)جسمک استانیوس :

جسمک استانیوس غده ای درون ریز است که فقط در بعضی ماهیان وجود دارد. این غده در داخل و یا روی کلیه قرار دارد. محل قرار گرفتن و تعداد آن ها در گونه هایی که این جسمک را دارند، متفاوت است. در آزاد ماهیان تعداد زیادی از این جسمک ها در بخش میانی کلیه وجود دارد. در مار ماهی ، ماهی حوض و ماهی کپور ، یک جفت جسمک در کلیه وجود دارد. در ماهی *Amia calva* صدها جسمک استانیوس در کلیه پخش شده است.

جسمک استانیوس هورمون استانیوکلسین ترشح می کند که سبب کاهش کلسیم خون می شود.

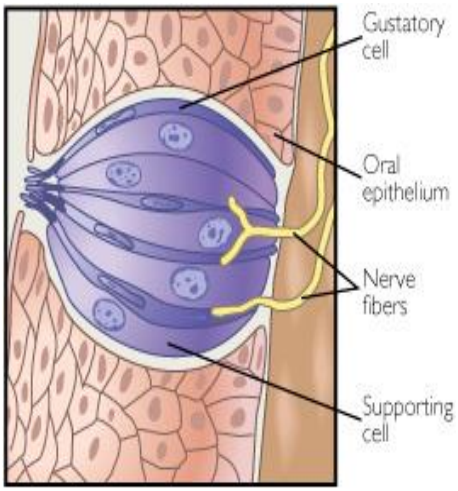
ی) غده اوروفیز (Urophysis) :

فقط در ماهیان استخوانی حقیقی و ماهیان الاسموبرانشی (کوسه ماهیان و سپر ماهیان)، قسمت کوچک و بر آمده ای در انتهای نخاع مشاهده می شود که اوروفیز نام دارد. این غده اندامی است که مواد تولید شده توسط سلول های ترشحی- عصبی نخاع را ذخیره و آزاد می کند. این سلول های ترشحی در ناحیه انتهایی نخاع به صورت پراکنده حضور دارند. انتهای آکسون های آن ها در قسمت شکمی با هم یکی شده و اوروفیز را با مویرگ های خونی بوجود می آورد. انتهای آکسون ها در دیواره مویرگ های اوروفیز خاتمه می یابد. از اوروفیز (یوروفیز) دو نوع هورمون به نام های یوروتنسینI (Urotensin- I) و یوروتنسینII (Urotensin II) جدا سازی شده است. یوروتنسین I به میزان جزئی باعث کاهش فشار خون ماهی می شود. یوروتنسین II در انقباض ماهیچه ای صاف (انقباض غیر ارادی) و افزایش فشار خون ماهی موثر است.

فصل دوم حواس

۲-۱- چشایی

به گیرنده های حس چشایی ، غنچه های چشایی اطلاق می شود. این گیرنده ها توسط اعصاب واگ ، زبانی حلقی و صورت تعصیب می شوند.اندام چشایی در ماهیان روی زبان قرار نداشته و بر روی لبها ،سبیلک ها ، سوراخهای راسی بالای سر، در دهان و ناحیه حلق، بر روی کمان های آبششی ماهیان استخوانی، شعاع های طویل باله واقع شده است. در گربه ماهیان که کفزی هستند ، حساسیت شدید چشایی سبیلک ها سبب میشود که بتوانند غذا را در آب کدر و گل آلوده پیدا کنند.در ماهیان مکنده که دارای لب های توسعه یافته اند تعداد زیادی غنچه چشایی روی لب وجود دارد.



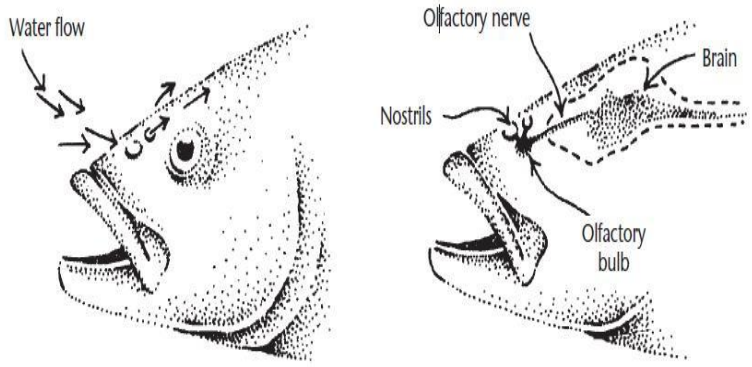
شکل۱- ساختار یک جوانه چشایی

سبیلک (Barbel):سبیلک‌ها زوائدی نخی شکل هستند. گیرنده های چشایی عمدتا روی سبیلک ها متمرکز شده اند. سبیلک ها از لحاظ اندازه، تعداد و موقعیت قرار گرفتن بر روی پوزه، در شناسایی گونه های ماهیان مهم هستند. در فیل ماهی سبیلک ها از پهلو به پهلو فشرده شده اند(صفحه مانند هستند). در ماهی شیپ سبیلک‌ها منشعب یا رشته رشته هستند که با این خصوصیت به راحتی از سایر گونه های خاویاری متمایز می شوند. برخی ماهیان سبیلک ندارند مثل بنی(*Barbus sharpey*)، روغن ماهیان یک عدد سبیلک زیر فک تحتانی دارند و مار ماهی خار دار چیزی شبیه سبیلک روی فک فوقانی دارد. ماهی حمری(*Barbus luteus*) یک جفت سبیلک دارد. ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) ، و ماهی شیربت(*Barbus grypus*) هرکدام دو جفت سبیلک دارند. ماهی اسبله سه جفت سبیلک دارد. زبان در ماهی بعنوان اندام چشایی نیست و بیشتر برای گرفتن و هدایت کردن غذا به کار می رود، و در این جا سبیلک ها به عنوان اندام چشایی کاربرد دارند.

۲-۲- بویایی

گیرنده های بویایی در داخل حفره بینی قرار دارند. سوراخ بینی در ماهیان استخوانی در بالای سر و در جلوی چشمها قرار دارند و در ماهیان غضروفی در زیر سر (قسمت شکمی پوزه) می باشد. سوراخ بینی جز در میکیسینی ها و ماهیان شش دار با حلق ارتباط ندارد. لذا ماهیان از طریق سیستم بویایی خودشان تنفس نمی کنند. تعداد سوراخ های بینی در ماهیان متفاوت است بطور مثال: اغلب ماهیان استخوانی دارای یک زوج سوراخ بینی، گربه ماهیان و مارماهیان ۲ زوج سوراخ و مارماهیان دهان گرد یک عدد سوراخ بینی دارند.

در ماهیان استخوانی یک چین پوستی سوراخ بینی را به دو بخش تقسیم میکند که از یک طرف آب وارد و از طرف دیگر آب خارج می شود و داخل سوراخ بینی سلولهای پوششی حساس به بو قرار دارند.



Smell receptors are located in the nostrils, and water (carrying odors) is drawn into sacs that are lined with the organs of smell. Olfactory nerves connect the nostrils and brain.

شکل۲- گیرنده های بویایی در داخل حفرات بینی واقع شده اند و آب ملکول های بو را به کیسه هایی که واجد گیرنده‌های بویایی می برد.عصب بویایی سوراخ بینی و مغز را به هم ارتباط می دهد

قدرت بویایی در ماهی های مختلف متفاوت است .کوسه ماهیان و مارماهیان قدرت بویایی قوی دارند در حالیکه این حس در در اردک ماهی و سوف ضعیف است.حس بویایی در تغذیه،شناسایی دوست و دشمن، تولید مثل و نیز مهاجرت نقش دارد. بازگشت آزاد ماهیان بالغ به زادگاه مادری (رودخانه محل تولد) از طریق ذخیره سازی بو و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه در مغز در مرحله اسمولت (به خاطره سپاری) است و بازگشت به رودخانه در زمان تخم ریزی با استفاده از اطلاعات ذخیره شده صورت می گیرد.

۲-۲-۱-سوراخ بینی

سوراخ بینی معمولا بالای دهان وجلوی چشم قرار دارد و غالبا دو عدد است. هر حفره بینی توسط یک چین پوستی به دو بخش تقسیم می شود که از یک طرف آب وارد واز طرف دیگر خارج می شود. ته حفره بینی معمولا بسته است . در ماهیان دودمی حفره بینی با دهان و حلق در ارتباط است. در کوسه ماهیان و سپر ماهیان سوراخ های بینی در زیر سر قرار دارند. در مار ماهی دهان گرد فقط یک عدد سوراخ بینی و در روی پیشانی وجود دارد. گربه ماهیان و مار ماهیان استخوانی دو جفت (۴ عدد) سوراخ بینی دارند.

۲-۲-۲-اسپیراکل

از تغییر شکل شکاف آبششی بوجود می آید که در تغذیه و تنفس نقش دارد این سوراخها در بالای سر و نزدیک چشم برخی از کوسه ماهیان مثل گربه کوسه ماهیان (Hemiscyllidae)، همهٔ سپر ماهیان و ماهیان خاویاری در جنس های فیل ماهی(Huso) و تاس ماهی(Acipenser) دیده می شود. این سوراخ در ماهیان خاویاری نقش تعیین و تشخیص غلظت آب (شوری و شیرینی)، مشخص نمودن مسیر مهاجرت ماهی به رودخانه و بالعکس را برعهده دارد. سوراخ اسپیراکل در سپر ماهیان نزدیک چشم و بزرگتر از اسپیراکل کوسه ماهیان است. دهان گردان و سایر ماهیان استخوانی فاقد اسپیراکل هستند. درماهیان خاویاری محل سوراخ اسپیراکل در نزدیک محل اتصال سرپوش آبششی به بدن و با فاصله بیشتر از چشم می باشد و معمولاً کوچک است.

وظایف اسپیراکل:

- تنفس : در سپرماهیان سوراخ اسپیراکل با محفظه دهانی ارتباط دارد و هنگامی که سپرماهیان درکف هستند آب به راحتی از طریق سوراخ اسپیراکل به آبشش ها رسیده و نیاز تنفسی ماهی را برطرف می کند همچنین در زمان شکار و پر بودن تمام دهان باز هم امکان تنفس از طریق اسپیراکل وجود دارد .
- تغذیه : هم در سپرماهیان و هم کوسه ماهیان که حالت زنده زایی دارند در دوران جنینی استطاله هایی از تخمدان ماهی ماده خارج شده و به اسپیراکل جنین ارتباط پیدا می کند و مواد غذایی را به موجود می رساند .

۲-۳- بینایی(Vision)

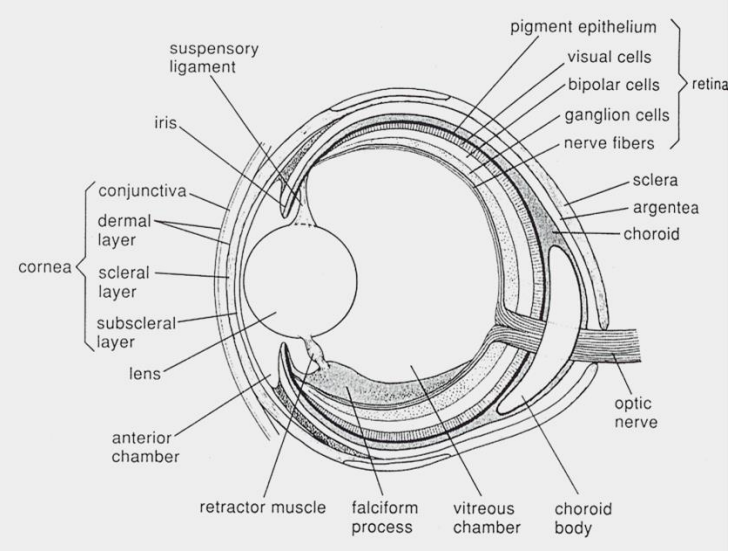
نور اهمیت زیادی در تغذیه ماهی و زندگی آنها دارد، زیرا مهمترین عمل در غذایابی را چشم انجام میدهد. از لحاظ اندازه، چشم ماهی نسبت به بدن در ماهیان نسبت به سایر جانوران اندازه چشم بزرگتر است زیرا در محیط های آبی به دلیل اهمیت نور در تغذیه ماهی و همچنین وجود نور کمتر، چشمان بزرگتری برای دید لازم می باشد بطوری که در نور کم و تاریکی بتدریج کارایی چشم در یافتن غذا کاهش یافته و ماهی به کمک سبیلک ها به جستجوی غذا می پردازد.

قدرت تیزبینی ماهی بیشتر از انسان است. اغلب ماهیان در غذایابی و تغذیه به صورت انتخابی عمل می کنند که به آنها Selective Feeder گویند. بینایی در ماهیان علاوه بر یافتن غذا نقش مهمی در در دفاع و فرار از شکار، تشکیل گله(Schooling) و مهاجرت های افقی و عمودی دارد.

۲-۳-۱-چشم

چشم در ماهیان دو عدد است که در طرفین سر(کپور) ویا در بالا ترین نقطه سر (زمین کن ، گاو ماهی) قرار دارند. چشم ماهی ، پلک ، مژه وغدد اشکی ندارد. بعضی ماهیان پلک خاصی به نام پلک سوم یا غشای پلکی دارند (بمبک معمولی ، شگ ماهیان ، کفال ماهیان وراشگو ماهیان). اغلب ماهیان پلک سوم ندارند.

عدسی چشم ماهیان مدور (کروی) است،(در پستان داران محدب الطرفین است). همچنین قطرش کم و زیاد نمی شود و فقط به وسیله عضلات چشم عقب و جلو می رود (در پستان داران عمل تطابق عدسی با تغییر تحدب آن انجام می شود). در چشم ماهیان هنگام برخورد نور با آن شکسته نمی شود چون ضریب شکست نور در آن با ضریب شکست نور در آب برابر است.



شکل۳- مقطع عرضی چشم ماهی

زاویه دید چشم انسان ۱۸۰ درجه است ولی زاویه دید افقی ماهی ۱۷۰ – ۱۶۰درجه و زاویه دید عمودی آن ۱۵۰ درجه می باشد. دو چشم ماهی در جلوی سرش زاویه ای ۲۰-۳۰ درجه تشکیل می دهد و اجسامی که در این محدوده باشند دیده نمی شوند. ماهیان اشیای بیرون آب را فقط در زاویه بین دو چشمی ۹۸ – ۹۷ درجه می بینند. ماهیان رنگ ها را می بینند ولی به طور دقیق تشخیص نمی دهند . ماهیانی که در غارها زندگی می کنند چشم ندارند نظیر: ماهی کور (*typhlops Iranocypris*) از خانوادهCyprinidae و *Cobitis smithi* از خانواده Cobitidae .

ماهیان در چشم خود مژه، پلک و غدداشکی ندارند. در برخی از ماهیان صفحه نازک چربی مانندی به نام پلک سوم یا پلک چربی(Nictitant) وجود دارد که بیشتر در ماهیان پلاژیک، کوسه‌ها، شگ ماهیان(Clupeidae)، کفال ماهیان(Mugilidae) و تن ماهیان دیده می شود که غیرمتحرک است و اساسا برای کاهش مقاومت تحدب چشم در مقابل جریان آب در آن سوی سطح چشم بکار می‌رود.

در برخی از ماهیان چشم در بالاترین نقطه بدن قرار گرفته است مثل گاوماهیان(Gobidae) و ماهی چهارچشم و زمین کن. ماهیانی مانند ماهی زمین کن(*Platycephalus indicus*) معمولا در زیر ماسه ها پنهان شده و فقط چشم های آن بیرون است و به دنبال شکار می گردد و از سخت پوستان و ماهیان کوچک تغذیه می کند. همچنین ماهی چهارچشم(Anableps) که چشم آن در هر طرف به دو قسمت تقسیم شده، می تواند بطور همزمان هم پایین و هم بالای سطح آب را ببیند که این ماهی بیشتر در آبهای شیرین و لب شور(Brackish water) زیست می نماید. در برخی ماهیان چشم ها در پایین ترین نقطه سر قرار دارند مثل فیتوفاگ و بیگ هد.
در لارو مارماهی دهان گرد که Amocoet نام دارد و برگی شکل است، پرده نسبتا ضخیمی چشم را تا زمانی که در زیر ماسه ها است می پوشاند ولی بتدریج با تکمیل دگردیسی این پرده تحت تاثیر غده پینه آل کم کم از بین رفته و چشم ها در آن ظاهر می شوند. ماهیان غار زی مثل ماهی کور غاری(*Iranocypris typhlops*) که در غارها زیست می کند و در لرستان نیز گزارش شده فاقد چشم است و دارای رنگ شفافی می باشد. در کفشک ماهیان چشم ها ابتدا در دو طرف بدن قرار دارند ولی بتدریج با بزرگ شدن و وقتی که به اندازه ۲۰ سانتی متر می رسد کم کم شروع به زندگی بر روی بستر دریا نموده و بر روی پهلو دراز می کشند یعنی روی یک طرف بدن خود می خوابند. بنابراین، سمت زیرین بدن کم کم بیرنگ شده و چشم ها بتدریج به سمت بالای بدن و یک طرف منتقل می شوند که در بیشتر کفشک ماهیان فلاندر چشمها در سمت راست بدن قرار دارند که به آنها راست چشم گویند مانند: Pleuronectidae، ولی در خانواده Bothidae در

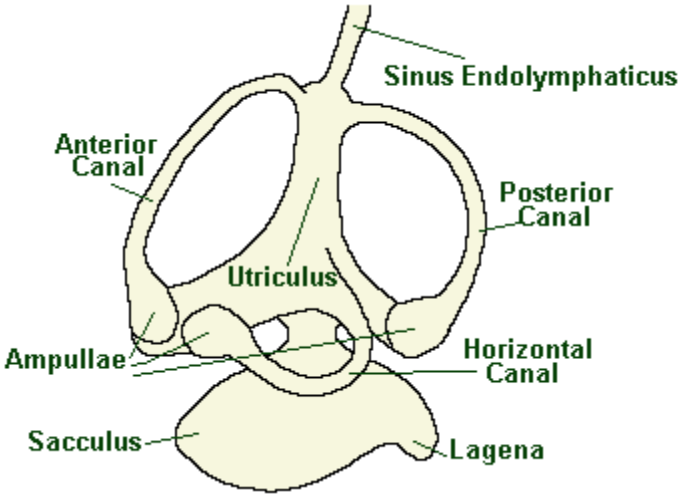
سمت چپ بدن قرار دارند که به آنها چپ چشم گویند. در خانواده Soleidae هم با بزرگ شدن، چشم چپ به سمت راست مهاجرت می کنند. ماهیانی که چشم شان در سمت راست بدن قرار دارد را Dextral و آنهایی که در سمت چپ بدن قرار دارد را Sinistral گویند. بطورکلی در این ماهیان سمتی که چشم دارد را سمت بینا یا Ocular و سمتی که فاقد چشم است را سمت نابینا یا Blind گویند. معمولا این ماهیان در سمتی را که چشم ندارند روی بستر می خوابند. گربه ماهی در محیط روشن و نورانی عصبی و خشمگین می شود.

۲-۴-گیرنده های مکانیکی

شامل حس شنوایی، خط جانبی و الکتریکی هستند.

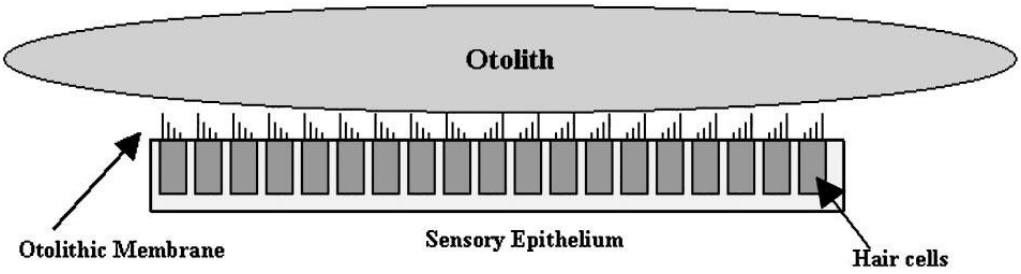
۲-۵-حس شنوایی و تعادلی در ماهیان

ماهی ها دارای گوش داخلی هستند که در قسمت سر، در جمجمه و محفظه شنوایی قرار گرفته است و گوش میانی و خارجی ندارند. بنایراین پرده صماخ و استخوانهای مربوطه را نیز ندارند.



بطورکلی گوش در ماهیان از دوبخش فوقانی(نقش تعادلی) و زیرین(نقش شنوایی) تشکیل شده است که بخش فوقانی بنام اتریکول که در تعادل و بخش زیرین بنام ساکول و لاگنا که در شنوایی نقش دارند می باشد. علاوه بر این مجرای نیمدایره هم در بخش فوقانی قرار گرفته که تعداد آن در هاگ فیش ها یک عدد، لامپری ها ۲ عدد و در سایر ماهیان از ۳ عدد مجرای نیمدایره تشکیل شده است این سه مجرا کم و بیش در سطوح افقی، عمودی و جانبی قرار دارندکه این مجاری با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم قرار گرفته اند و در محل اتصال آنها به یکدیگر برآمدگی هایی بنام آمپول وجود دارد که بر روی این آمپول ها سلول های Crista واقع شده اند و بر روی آن یک کلاهک ژلاتینی قرار گرفته است که زوائد مژه مانند سلولهای نوروماست را احاطه کرده است. نوروماست ها گیرنده های اصلی دستگاه شنوایی– خط جانبی هستند. این مجموعه شامل سلول‌های حمایت کننده است که سلولهای حسی گلابی شکل را احاطه کرده است که هر کدام از این سلولها واجد رشته های حسی یا مژه هستند. حرکت سر در جهات مختلف سبب می شود که آندولنف مجاری نیمدایره، باعث تحریک نوروماست‌ها شود. ساکول از سطح شکمی به اوتریکول متصل شده است و لاگنا که به قسمت خلفی ساکول چسبیده ، به خوبی قابل تشخیص است. در هر سه بخش فوق الذکر بسترهایی از سلولهای نوروماست وجود دارد که به آن ماکوله می گویند و بر روی آن، سنگریزه های شنوایی (اتولیت ها) قرار دارند. در ماهیان استخوانی ۳ جفت سنگریزه شنوایی یا اتولیت به نام های: لاپیلوس، ساجیتا و آستریکوس وجود دارد که هر کدام روی استخوانهای اتریکول(که سنگریزه شنوایی لاپیلوس در آن قرار دارد)، ساکول(که سنگریزه شنوایی ساجیتا در آن قرار دارد) و لاگنا(که سنگریزه شنوایی آستریکوس در آن قرار دارد) می باشند. بزرگترین سنگریزه شنوایی یا اتولیت در ماهی شوریده وجود دارد و

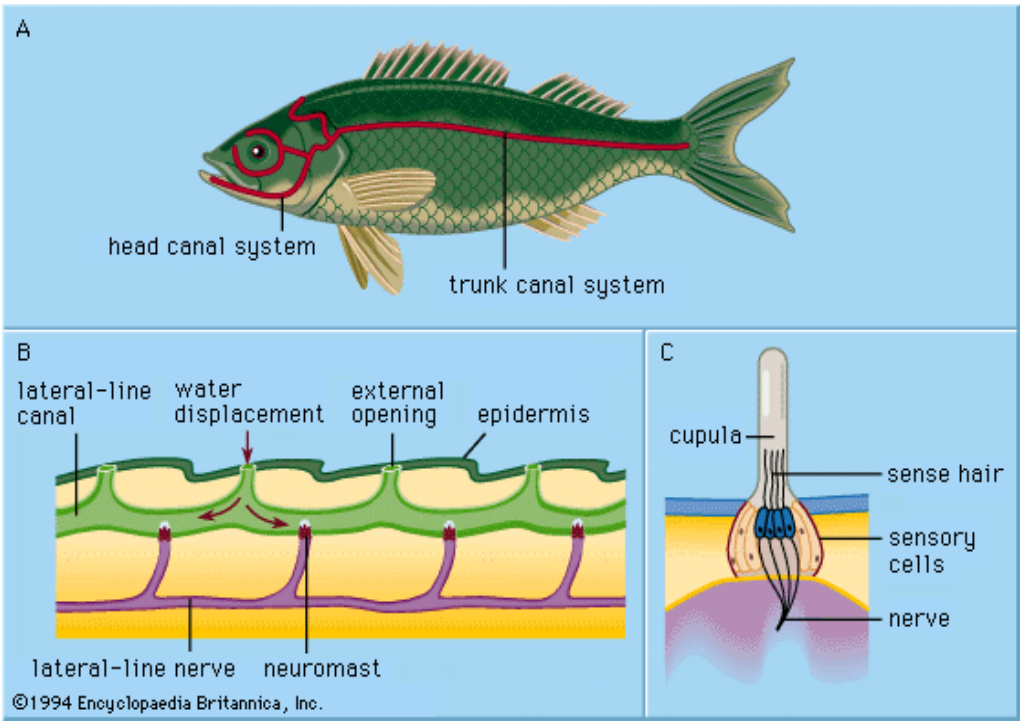
نامگذاری علمی آن هم برگرفته از همین اتولیت است(*Otolithes ruber*). بزرگترین سنگریزه شنوایی ساجیتا می باشد. سلول های مژه دار (Hair Cells) زیادی در اطراف سنگریزه ها وجود دارند که عمل شنیدن و همچنین دریافت وضعیت و موقعیت ماهی را انجام می دهد.



نمای شماتیک سلول های مژه دار واقع روی سنگریزه های شنوایی

۲-۵-۱-خط جانبی(Lateral Line)

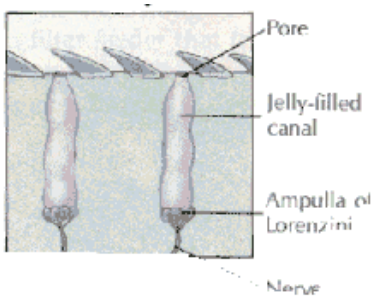
خط جانبی کانالی است که از سر تا دم ماهی کشیده شده است. این کانال در سطح بدن در بسیاری از ماهیان توسط فلس هایی سوراخ‌دار پوشیده شده است. درون این کانال، سلول های حسی وعصبی وجود دارند که امواج و فشارهای آبی ناشی از حرکات سایر آبزیان و... را تشخیص می دهند. سیستم خط جانبی در تمام ماهیان وجود دارد اما در برخی از آنها فلس های پوشاننده خط جانبی سوراخ ندارند که اصطلاحا می گویند این ماهیان خط جانبی ندارند در صورتی که در حقیقت واجد خط جانبی اند.

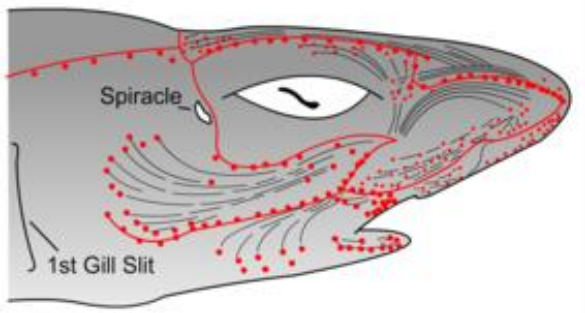


کپور ماهیان و آزاد ماهیان خط جانبی دارند، ولی شگ ماهیان، گاو ماهیان و کفال ماهیان خط جانبی ندارند. در بعضی از ماهی ها خط جانبی ناقص است، مثل: ماهی *Rhodeus sericeus* که در آن خط جانبی کوتاه است و تا انتهای بدن نمی رسد. در اردک ماهی(*Esox lucius*) در اوایل زندگی خط جانبی ناقص است ولی با رشد ماهی به تدریج خط جانبی ماهی کامل می شود. در مقوا ماهیان(گیش-

ماهیان، برگ‌ماهیان،Carangidae) خط جانبی به صورت ملاقه وارونه است که قسمت عقبی آن یک سری برجستگیهای نوک تیز و ریزی به نام اسکیوت(Scute) دارد.

گوش داخلی و خط جانبی از نظر دریافت میزان فرکانس با هم فرق دارند، ولی هر دو دارای گیرنده های مکانیکی هستند. خط جانبی فرکانس های بین ۵۰- ۱۵ هرتز و گوش فرکانس های بالاتر و بین ۴۷۰۰- ۵۰ هرتز را دریافت می نماید. بنابراین خط جانبی عمدتا به حرکات و تکانهای قوی و ضعیف آب حساسیت نشان می دهد. خط جانبی بخوبی امواج ناشی از حرکت دیگر جانوران و یا انعکاس حرکت خود موجود را دریافت می کند. عاملی که در خط جانبی فعال است و می تواند این امواج را دریافت نماید بعنوان نوروماست(Neuromast) خوانده می شود که در پایه سوراخ فلس ها قرار گرفته و دارای گیرنده های مکانیکی است. البته در بخش سر و روی پوست و سایر قسمت های بدن می توانند وجود داشته باشند. هر سلول حسی یا نوروماست از سلول های مژه دار تشکیل شده و بخش فوقانی نوروماست کاپولا(Cupula) نام دارد که بر اثر محرک های مکانیکی و حرکات آب جابجا شده(خم شده) و سلول های مژه دار(Hair Cells) را تحریک می کند که این خم شدن و برگشتن به حالت اول باعث ایجاد جریان و به دنبال آن انتقال جریان از طریق رشته های عصبی به مغز می شود. خط جانبی از طریق مسیر عصبی با دستگاه شنوایی و مغز در ارتباط می باشد.
خط جانبی کوسه روی سرش است که به آن آمپول لورنس (آمپول لورنز) می گویند. در ماهیان الاسموبرانش(کوسه و سپرماهیان) و گرزک ماهیان(Plotosidae) در قسمت سر اندامی بنام **آمپول لورنزینی** وجود دارد که کم و بیش کیسه مانند است و توسط یکسری از منافذ با یک کانال به بیرون ارتباط دارند که از ماده ژله ای پر شده و ممکن است دارای یک یا چندین مجرای مسدود که به سلول های حسی ختم می شوند باشند و بوسیله عصب شاخه هفتم عصب دهی می گردد. این آمپول در این ماهیان دارای گیرنده های حساس مکانیکی و الکتریکی ضعیفی می باشد. سپرماهیان در پوزه خودشان دارای وزیکول های ساوی می باشند که عمل آن مشابه آمپول لورنزینی است. آمپول لورنزینی قادر به تشخیص نوسانات دما در الاسموبرانش ها است، در حالی که در ماهیان استخوانی نوسانات دما توسط پوست درک می شود.آمپول لورنزینی تغییر دما، شوری و فشار را تشخیص می دهد.





۲-۶-تولید نور در ماهیان :

ماهیان آب شیرین قدرت تولید نور ندارند، تنها یک موجود زنده آب شیرین که نوعی نرم‌تن است و در نیوزلند زندگی می کند، قادر به تولید نور است. از میان ماهیان تنها بعضی از انواع دریا زی قدرت تولید نور دارند. تعدادی از ماهیان نورانی بطور دائم در آب های کم عمق زندگی می کنند اما بیشتر آنها در آب های نیمه عمیق تا عمیق بسر می برند و بسیاری از آن ها هنگام مهاجرت شبانه برای تغذیه از عمق به سطح می آیند. حدود دو سوم ماهیان آب های عمیق اقیانوس ها نور تولید می کنند. قابلیت تولید نور حداقل در ۴۲ خانواده از ماهیان وجود دارد. بیشتر آن ها جزء ماهیان استخوانی عالی(Teleost) هستند و تنها ۲ خانواده به ماهیان الاسموبرانشی تعلق دارند. از گروه لامپری ها و هگ فیش ها هیچکدام نور تولید می کنند.در میان ماهیان استخوانی، خانواده فانوس ماهیان (با نام علمی Myctophidae و نام انگلیسی Lantern fishes) نسبت به سایر خانواده ها از لحاظ تولید نور دارای جنس ها و گونه های بیشتری هستند.

تولید نور در ماهیان به صورت شیمیایی و بدون نیاز به گرما اتفاق می افتد. دو مکانیسم برای تولید نور در ماهیان وجود دارد:

۱- لومینسانس باکتریایی: در بعضی از ماهی ها توسط باکتری های همزیستی که در ساختارهای غده‌ای شکل موجود در بدن ماهی پرورش می یابند، نور تولید می شود.

۲- سلف- لومینسانس: در این حالت در اثر وقوع فرایند های بیوشیمیایی و انجام واکنش بین آنزیم، لوسیفراز با ماده لوسیفرین و در حضور اکسیژن و ATP، توسط خود ماهی و بدون دخالت باکتری ها نور تولید می شود.

ساختار های نورانی در اطراف دیواره شکمی، مخرج، اندام های گوارشی و گاهی در زیر چشم ها، روی سطح پشتی، داخل دهان، روی سبیلک ها یا بر روی فکین قرار دارند. اندام های نورانی ساختارهای متفاوتی دارند، ساختار بعضی از آنها بسیار کوچک و فاقد رنگدانه است.

بعضی از آن ها ساختار بسیار پیچیده دارند و دارای یک بخش غده ای هستند. در این نوع ساختار توسط یک انعکاس دهنده قوی، نور به سمت یک عدسی هدایت می شود و عدسی، پرتوهای نوری را متمرکز می کند. بعضی از این اندام ها هم دارای ساختاری شبیه عنبیه چشم هستند که میزان نور خروجی را کنترل می کند. غده نوری برخی از ماهیان دارای روزنه ای بر سطح خارج بدن است و مواد نورانی می توانند به اختیار ماهی از غده مذکور آزاد شده و به آب ریخته شوند که این نوع تولید نور را تولید نور خارج سلولی می نامند؛ اما در برخی دیگر از ماهیان تولید نور به صورت داخل سلولی است یعنی مواد نورانی فقط به داخل سلول ها محدود می باشند. در بسیاری از گونه ها در داخل اندام های نورانی فیلترهای رنگی مشاهده می شود، بنابراین نور درگونه های مختلف به رنگ های بسیار متنوع می تابد.

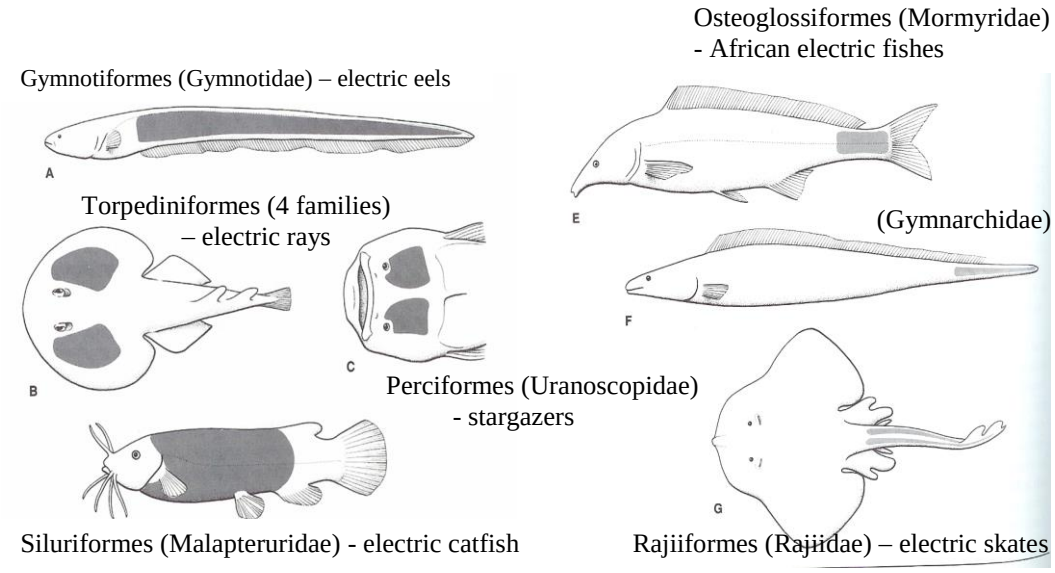
وظایف احتمالی تولید نوردر ماهیان:

۱- پوشاندن یا استتار بدن: قرار گرفتن اندام های مولد نور در سطح شکمی بعضی ماهیان، سبب دیده نشدن آن ها توسط ماهیان شکارچی آب های عمیق تر می گردد. نور تولید شده توسط طعمه ها(ماهیان مولد نور) با نور زمینه ای که از لایه های بالایی آب می آید، هماهنگ و هم راستا می شود، در نتیجه ماهیان شکارچی که از سطوح زیرین آب به طرف بالا حمله می کنند، امکان دیدن طعمه ها را از دست می دهند.
۲- بعضی از ماهیان به منظور جلب توجه کردن برای جنس مخالف در فصل تولید مثل، نور تولید می کنند.
۳- انتشار ناگهانی نور توسط یک ماهی منفرد یا توده ای از ماهیان کوچک سبب وحشت زده شدن ماهی شکارچی و فرار آن می شود.
۴- بعضی از ماهیان شکارچی در اطراف دهان، داخل دهان یا روی سیبیلک ها دارای اندام مولد نور برای جذب طعمه ها هستند.
۵- اگر اندام های نورانی بر روی سر ماهی قرار داشته باشند، اشیاء و طعمه های موجود در میدان دید ماهی قابل مشاهده می گردند.

۲-۷-تولید الکتریسیته در ماهیان:

بطور کلی ۱۰ خانواده از ماهیان که متعلق به ۶ راسته هستند، دارای اندام های الکتریکی هستند. خانواده هایی که الکتریسیته قوی تولید می کنند شامل ۴ خانواده هستند.

۱- سپر ماهیان الکتریکیTorpedinidae
۲- گربه ماهیان الکتریکی Malapteruridae
۳- مار ماهیان الکتریکی Electrophoridae
۴- خانواده اورانوس ماهیان Uranoscopidae



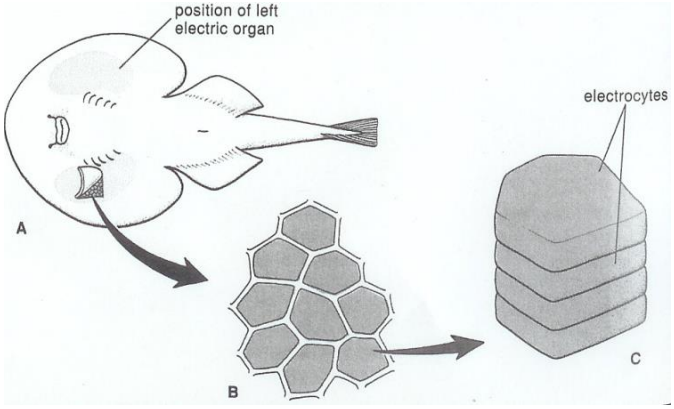
سپر ماهیان الکتریکی بزرگ قادر به تولید شوک ۲۲۰ ولت و گربه ماهیان الکتریکی قادر به تولید شوک ۳۵۰ ولت هستند. در مار ماهی الکتریکی شوک های بیش از ۶۵۰ ولت هم مشاهده شده است اما غالبا شوک های ۳۵۰ ولت ایجاد می کنند. ماهیانی که الکتریسیته ضعیف تولید می کنند عمدتا در آبهای شیرین مناطق گرمسیری یافت می شوند.

همه ماهیان الکتریکی، کفزی یا نیمه کفزی و نسبتا تنبل هستند. شب ها فعالیت می کنند و یا در آب های تیره با شفافیت کم به سر می برند. پوستی ضخیم دارندک که به عنوان یک عایق عمل می کند. چشم در بسیاری از آنها تحلیل رفته است و بعضی از آن ها کورند.

مخچه آن ها بزرگ از سایر ماهیان است. اندام الکتریکی از سلول‌های خاصی تشکیل شده است که به آن ها الکتروسیت می گویند.

الکتروسیت ها در اغلب ماهیان الکتریکی از سلول های عضلانی ودر بعضی از ماهیان الکتریکی از سلول های عصبی منشا گرفته اند.

الکتروسیت‌ها نازک و صفحه‌ای شکل هستند و به صورت دسته ای یا توده ای مرتب شده اند و از یک طرف آن ها رشته های عصبی زیادی وارد می شود. توده‌های سلول‌های الکتریکی(الکتروسیت) توسط مواد ژلاتینی احاطه شده اند واندام های الکتریکی غنی از عروق خونی، اعصاب و بافت پیوندی هستند.



اندام الکتریکی ماهیان مختلف، در قسمت های مختلفی از بدن قرار دارد. مثلا سپر ماهیان الکتریکی در هر طرف صفحه بدن دارای یک اندام الکتریکی کلیه ای شکل بزرگ در مجاورت ناحیه سر و آبشش ها هستند. ماهیانی که اندام های الکتریکی قوی دارند از آن برای بی حس کردن طعمه ویا ایجاد بی میلی در شکارچیان خود استفاده می کنند.

اما ماهیانی که قدرت الکتریکی ضعیفی دارند به کمک آن می توانند محل اشیای نزدیک را مشخص کنند، خصوصا اینکه برخی از این ماهیان در آب های کدر زندگی می کنند وبرخی هم فعالیت شبانه دارند وبنا بر این قدرت دید چشم های آن ها محدود است. در اطراف بدن این ماهیان میدانی الکتریکی ایجاد می شود. قرار گرفتن اشیای مجاور در این میدان سبب قطع شدن خطوط میدان الکتریکی شده واین حالت از طریق اندام های حسی خاص دریافت می گردد.

دستگاه تنفسی Respiratory system

تنفس عبارت است از جذب اکسیژن و دفع گاز کربنیک. جانوران آبزی اکسیژن مورد نیاز خود را از مقادیر اندک اکسیژن محلول در آب گرفته و دی اکسید کربن تولیدی در متابولیسم را دفع می نمایند. تبادل گازی عمدتا از طریق انتشار Diffusion می باشد.در تنفس یکسری رنگدانه ها دخالت دارند که در مهره داران از جمله ماهی ها هموگلوبین می باشد. در سخت پوستانی مانند میگو هموسیانین در تنفس نقش دارد.

اندام های تنفسی در ماهیان :

آبشش:اصلی ترین اندام تنفسی در ماهیها آبشش ها هستند.اما تنفس در برخی ماهیان توسط اندام های دیگری نیز صورت می گیرد.

پوست : مارماهیان ، لاروها ،ماهیان قطبی مانند *Chaenocephalus acreatus*

روده : سگ ماهی جویباری *Misgurnus fossilis*

کیسه شنا : Arapaima و Amia

حفرات حلقی : *Ophiocephalus*

معده : *Anicistrus*

شش : درماهیان شش دار مانند *Protopterus*

ماهیها براساس نیاز به اکسیژن به سه گروه تقسیم می شوند:

۱- ماهیانی که نیاز اکسیژنی بالائی دارند مانند : آزادماهیان که عمدتا در آبهای خنک کوهستانی و سرشار از اکسیژن زندگی میکنند.ارتباط سرپوش آبششی با بدن در این ماهیان بسیار کم است.البته در گروه آزادماهیان ، ماهیانی هستند که میزان اکسیژنی مورد نیاز اندکی کمتر است: تیامولوس تیامولوس

۲- **ماهیانی با نیاز اکسیژنی متوسط** از قبیل اردک ماهی ، سوف ، فیتوفاگ .اتصال سرپوش آبششی در این ماهیها بیشتر است و از قسمت زیرین متصل است.

۳- ماهیانی که نیاز اکسیژنی کمی دارند : کپور ، سیم ، کاراس و لای ماهی . ارتباط سرپوش آبششی با بدن در این ماهیان نسبتا زیاد است و در برخی ماهیان مانند مارماهیان که نیاز اکسیزنی خیلی کم است این ارتباط بسیار زیاد و تنها شکاف کوچکی در ناحیه آبشش مشاهده می گردد.

آبشش ها و عمل تنفس

آبششها در ماهیان استخوانی در دو طرف سر و در حفره آبششی قرار گرفته و توسط سرپوش آبششی پوشیده می شوند.در ماهیان غضروفی آبشش ها در شکافهای آبششی (۷-۵ جفت) که در دو طرف سر یا زیر سر واقع شده اند قرار دارند.در مارماهیان دهان گرد در منافذ آبششی قرار گرفته اند. در ماهیان استخوانی در هرطرف سر یک سرپوش آبششی وجود دارد که از ۴ قطعه استخوان زیر تشکیل شده :

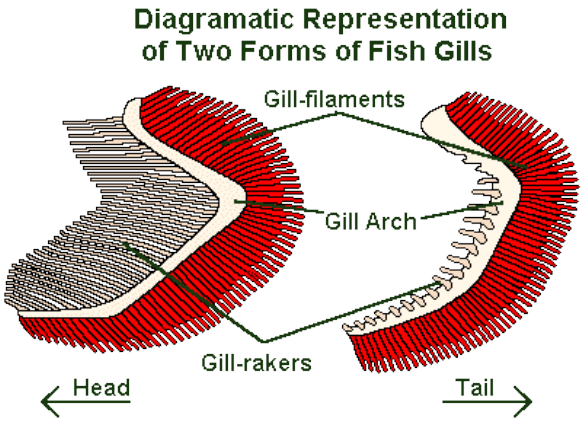
۱- سرپوش (Opercular) ۲- پیش سرپوش (Preopercular) ۳- میان سرپوش (Interopercular) ۴- زیرسرپوش(Subopercular)

در محل قرار گرفتن سر پوش روی بدن ، یک زائده پوستی روی لبه سرپوش وجود دارد. زیر هر سرپوش ۴ صفحه آبششی قرار دارد. قسمت های تشکیل دهنده صفحه آبششی:

۱- کمان آبششی (Gill arch)

۲- رشته ها ی آبششی (Gill filament) : روی هر کمان آبششی دو ردیف رشته های آبششی (gill filaments) قرار دارد که به آنها رشته های آبششی اولیه Primary gill filament نیز گفته می شود. عمود بر محور طویل هر رشته آبششی تیغه های آبششی Gill lamellae قرار گرفته اند که تنفس توسط این تیغه ها صورت می گیرد. به آنها رشته های آبششی ثانویه secondary gill filament نیز اطلاق می گردد.

۳- **خارهای آبششی** (Gill rakers): در قسمت زیرین کمان های آبششی واقع شده اند و به جمع آوری غذا کمک می کنند. خارهای آبششی به سمت خارج بدن ماهی راAnterior (قدامی) وخار های به طرف داخل سر ماهی را Posterior (پشتی، خلفی، داخلی) می گویند. در ماهیان پلانکتون خوار خارهای آبششی طویل تر و زیاد ترند و در ماهیان گوشت خوار این خوارها به تعداد کمتر و اندازه کوتاه تر وجود دارند. در مطالعات زیست سنجی باید تعداد خارهای آبششی در اولین کمان آبششی زیر سر پوش را شمارش کرد.



مکانیسم عمل تنفس

جریان متقابل(Countercurrent)

جهت جریان آب داخل حفره آبششی همواره بر خلاف جهت جریان خون در تیغه های آبششی است تا میزان انتقال اکسیژن آب به خون ماهی به حد اکثر برسد. به این ترتیب ۹۰٪ تا ۸۰٪ اکسیژن آب گرفته شده اما اگر جریان آب وجریان خون هم جهت بودند فقط تا ۵۰٪ اکسیژن آب جذب مویرگ های آبششی می شد.

سیستم های تنفسی در ماهیان استخوانی

سیستم تنفسی تلمبه ای(پمپ مضاعف):

اغلب ماهیان استخوانی برای عبور آب از روی تیغه های آبشش از پمپ مضاعف حفره دهانی – حفره آبششی استفاده می کنند . ظرفیت حفره دهانی از طریق حرکات آرواره و به ویژه در اثر کشیده شدن کف دهان به سمت پائین زیاد می شود . زائده پوستی لبه سرپوش آبششی هم از بازگشت آب به داخل حفره آبششی ممانعت می کند وسبب افزایش ظرفیت حفره آبششی می گردد . طی عمل تنفس همیشه فشار حفره دهانی بیشتر از فشار حفره آبششی است.

سیستم تنفسی تهویه فشاری:

بعضی ماهیان نظیر تن ماهیان و کوسه ماهیان سیستم تنفسی تلمبه ای (پمپ مضاعف دهانی –آبششی) ندارند. این ماهیان همیشه و بدون وقفه با دهانی نیمه باز شنا می کنند تا آب از روی آبشش آن ها بگذرد. چنین تهویه ای را تهویه فشاری (ram ventilation) می گویند. بعضی ماهیان در سرعت کم از تهویه تلمبه ای و در سرعت زیاد از تهویه فشاری استفاده می کنند.

قورباغه ماهی (*Batrachus grunniens*) که از ماهیان خلیج فارس است استثنا دارای سه جفت کمان آبششی می باشد. در ماهیان خاویاری، سرپوش آبششی یک‌پارچه است ولی در ماهیان استخوانی می توان ۴ قطعه آن را بعد از پختن سرپوش و قرار دادن آن در محلول پتاس از هم جدا کرد.

دهان گردان، کوسه ماهیان وسپر ماهیان ، سرپوش آبششی ندارند. در دهان گردان دریای خزر، لامپری(*Caspiomyzon wagneri*) هفت جفت سوراخ آبششی در طرفین سر وجود دارد که هر کدام حاوی یک عدد آبشش است . در دهان گردان آب از راه سوراخ های آبششی وارد و از همین طریق هم خارج می شود (استثنا در عده ای از دهان گردان(Agnatha) موسوم به Mixini نظیر هگ فیش ها(Hagfishes) آب از سوراخ بینی وارد حفره آبششی می شود).

کوسه ماهیان ۷-۵ جفت شکاف آبششی در طرفین سر دارند که داخل هر کدام یک عدد آبشش قرار دارد؛ بنا براین کوسه ها ۷-۵ جفت آبشش دارند. سپر ماهیان ۵ جفت شکاف آبششی در زیر سر در سطح شکمی دارند.

زیر سر پوش آبششی ماهیانی نظیر خاویاری و تن ماهیان اندامی به نام نیم آبشش (Hemibranchi) قرار دارد که نصف یک آبشش کامل است.رشته های آبششی در نیم آبشش دوتایی یا Divergen نبوده و تک رشته ای است. پائین سرپوش آبششی، تعدادی چین پوستی وجود دارد که دارای اسکلت می باشد و به آن ها Branchiostegal می گویند. کار آن ها باز و بسته کردن سرپوش آبششی است.

سرفه کردن Coughing

جهت تمیز کردن آبشش ها هنگام تحریک و جراحات آبشش صورت می گیرد.مکانیسم سرفه کردن عکس تنفس است.در این حالت جریان آب برعکس میشود یعنی از حفره آبششی به سمت حفره دهانی و از دهان به سمت خارج میباشد.بسته شدن دهان موجب کاهش حجم حفره دهانی و کاهش فشار در آن باعث جریان آب از آبششها به سمت حفره دهانی می گردد.

تنظیم اسمزی

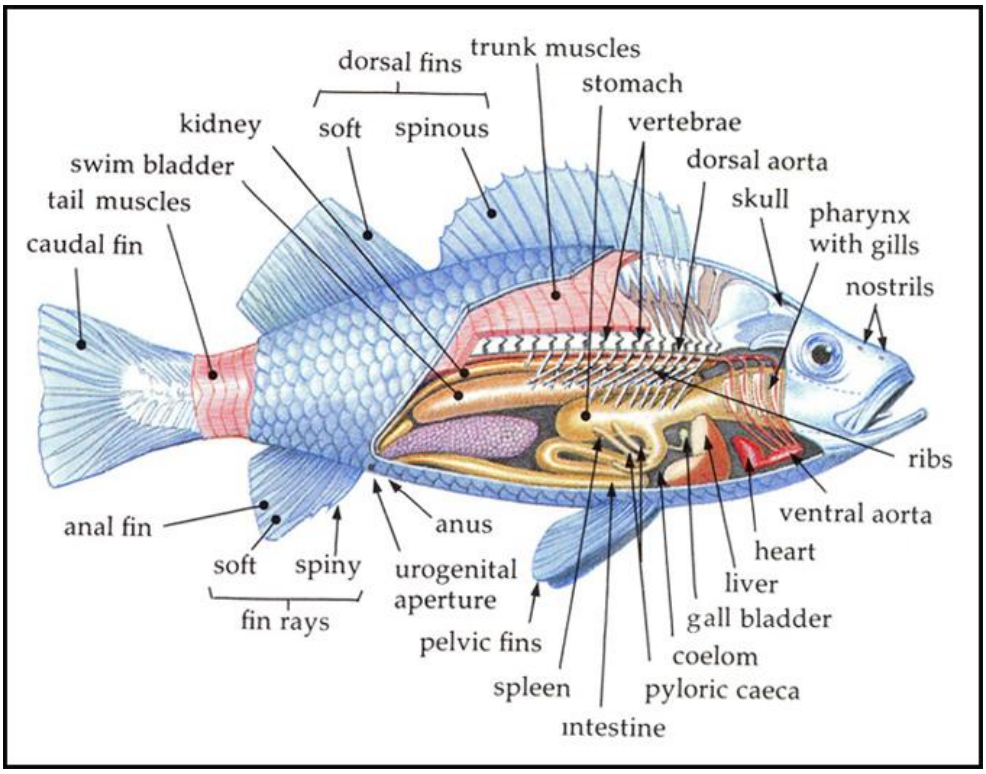
آبشش ها به غیر از تنفس در عمل دفع آمونیاک و مقداری اوره (اوره از طریق کلیه دفع نمی شود) و نیز در عمل تنظیم اسمزی نقش دارند. همواره تفاوتی بین غلظت مواد در خون ماهی با غلظت مواد در محیط اطراف (آب) وجود دارد. بنابر این ماهی برای سازگارشدن با محیط باید بعضی از مواد محلول در آب و یا اطراف را به خود جذب کند و یا از خود دور کند. این عمل را تنظیم اسمزی می گویند. نحوه تنظیم اسمزی در ماهیان آب شیرین و شور متفاوت است :

در آب شیرین چون غلظت مواد درون بدن ماهی نسبت به محیط بیرون بیشتر است ، مقدار زیادی آب از طریق آبشش وارد بدن ماهی می شود . آب اضافی به صورت ادرار رقیق از کلیه ها دفع می شود. در این ماهیان اوره و قسمت اعظم آمونیاک از طریق آبشش دفع می شود (فرآورده نهایی اصلی حاصل از متابولیسم ازت در ماهیان استخوانی آمونیاک است و میزان دفع اوره در آن ها کم است، اما فراورده نهایی حاصل از متابولیسم ازت در ماهیان غضروفی اوره است).

در ماهیان آب شور از انجایی که غلظت نمک ها در دریا بیشتر از بدن ماهی است ، خطر دائمی خروج آب از آبشش ها وجود دارد. بنابراین ماهیان آب شور مقدار زیادی آب می نوشند. از یک طرف روده آب را جذب و املاح را دفع می کند ، یعنی در این ماهیان روده نقش فعالی در تنظیم اسمزی دارد. از طرف دیگر ، حجم ادرار آن ها کم است. ادرار آن ها حاوی یون های دو و سه ظرفیتی (کلسیم، منیزیم،سولفات،فسفات)و... است اما آمونیاک ، اوره و یون های تک ظرفیتی (کلر وسدیم) اغلب از طریق آبشش ها دفع می شود.

دستگاه گوارش

دستگاه گوارش ماهیان شامل قسمت های دهان ، حلق ،مری، معده ، روده و مخرج می باشد. اندام های ضمیمه شامل : دندان ها ، خارهای آبشش و غدد گوارشی (پانکراس، کبد و کیسه صفرا) هستند. این اندام های ضمیمه ای ترشحات لازم جهت هضم و جذب مواد غذایی را تامین میکنند. لوله گوارش از دهان شروع شده و به مخرج ختم می شود. مری لوله ساده ای است که دهان را به معده وصل می کند.



گروه بندی ماهیان بر اساس رژیم غذایی

براساس عادات غذایی ماهیان به ۴ گروه تقسیم می شوند:

۱-گیاهخوار Herbivore: مثل ماهی کپور علفخوار یا آمور

۲-گوشتخوار Carnivore: مانند قزل آلا

۳- ریزه خوار Detritivore: مانند ماهی کفال

۴- همه چیز خوار Omnivore: ماهی کپور معمولی

قسمت های مختلف دستگاه گوارش ماهیان

الف)دهان :

دهان ممکن است فوقانی باشد به این گونه که فک بالایی کوچک تراز فک پائینی است مثل زمین کن ، فیتوفاگ...

دهان ممکن است تحتانی باشد، فک بالایی بزرگ تر از فک پائینی باشد مثل خاویاری، کوسه ماهیان...

دهان انتهایی، فک بالایی و فک پائینی تقریبا با هم برابر هستند مثل کپور ماهیان، قزل آلا...

دهان خرطومی(لوله ای) و قادر به مکیدن ذرات غذایی از درون آب مثل تاس ماهیان.
دهان ثابت مثل آزاد ماهی ، ماهی کفال.
دهان به صورت صفحه ای برای چسبیدن به بدن سایر ماهیان مثل دهان گردان.

ب) دندان(Tooth)

دندان در ماهیان ممکن است بر روی فکین، سقف دهان، روی زبان ویا حتی مدخل آبشش قرار داشته باشند. دندان ها دارای یک بخش مینایی یک لایهء عاج و مغز دندان می باشند. مینای دندان های ماهیان با پوشش مینایی دندان سایر مهره داران متفاوت است و دندان های اکثر ماهیان برخلاف مهره داران دیگر عصب ندارد. شکل دندان ها نیز در بین ماهیان مختلف بسیار متغیر می باشد و علت آن تنوع عادات غذایی است. دندان های ماهیان گوشتخوار حالت مخروطی است و نوک آنها به سمت عقب برگشته تا در قاپیدن ، نگهداری مواد غذایی و هدایت آنها به سمت عقب کمک کند بر عکس ماهیانی که غذای آنها را عمدتا مواد گیاهی تشکیل می دهند (کپور و تیلاپیا) یا ماهیانی که مواد غذایی خود را خرد می کنند (سفره ماهیان و سپر ماهیان) غالبا دندان های پهن و سنگفرشی دارند تا غذا را به ذرات کوچکتر خرد کنند و قابلیت هضم را افزایش دهند. در برخی از ماهیان مانند اردک ماهی(Esocidea) دندانها تیز بوده و به سمت داخل دهان برگشته اند که باعث می شود طعمه راه گریزی نداشته باشد، بطوریکه این ماهی در موارد طعمه های بزرگتر از اندازه خودش را هم شکار می کند و به دلیل گیر کردن طعمه و نداشتن راه برگشت به بیرون سبب خفگی این ماهی می شود.

برخی از ماهیان از قبیل آزادماهیان دارای دندان های ومری(Vomer) در سقف دهان هستند که در واقع ومر استخوانی است که در سقف دهان وجود دارد و در این ماهیان دارای دندان است و به عنوان کلید شناسایی این گونه ها بکار می رود.
همچنین فرم دیگری از دندان به نام **دندان حلقی(Pharyngeal Teeth)** در راسته کپورماهی شکلان وجود دارد که از تغییر شکل پنجمین کمان آبششی بوجود آمده است که این دانداان ها برای آسیاب کردن و له کردن مواد غذایی بکار می روند و بعنوان کلیدشناسایی این راسته مورد استفاده قرار می گیرد که بسته به خانواده و جنس ممکن است یک ردیفی، دو ردیفی یا سه ردیفی باشند. دندانهای حلقی در خانواده کپورماهیان ممکن است یک ردیفی، دو ردیفی یا سه ردیفی ولی در خانواده های Cobitidea و Balitoridea از راسته فوق دندان های حلقی یک ردیفی هستند.
در بین خانواده کپورماهیان در فیتوفاگ(*Hypophthalmichthys molitrix*) و ماهی سرگنده یا بیگ هد(*Hypophthalmichthys nobilis*) و جنس کاراس(Carassius) دندان حلقی یک ردیفی و متقارن(۴- ۴) ولی در جنس های *sp* Rutilus و ماهی سفید(*Rutilus frissi kuttum*) دندان های حلقی یک ردیفی نامتقارن و با فرمول ۶- ۵ می باشند.
ماهی آمور(*Ctenopharyngodon idella*) و مرواریدماهی(Albernoides) دارای دندان حلقی دوردیفی متقارن و با فرمول ۵,۲- ۲,۵ می باشند که در ماهی آمور(کپور علفخوار) دندان حلقی بصورت مضرس و شانه ای است و اسم جنس آن هم برگرفته از این دندان های حلقی مضرس آن می باشد.
در سس ماهیان(Barbus sp) که در آبهای خوزستان زیست می نمایند دندان حلقی ۳ ردیفی و با فرمول ۵,۳,۲- ۲,۳,۵ می باشد. در جنس Cyprinus sp هم دندان حلقی سه ردیفی و با فرمول ۳,۱,۱- ۱,۱,۳ است.
دندانها در برخی از ماهیان به راحتی می ریزد ولی ممکن است مجددا دندانهای جدید جایگزین شود مانند کوسه ماهیان و کپورماهیان که دندانها در کپورماهیان در فصل تولیدمثل این حالت را دارند. در بعضی ماهیان و خصوصا در فصل تولید مثل، دندان ها می افتد، سپس مجددا به جای آن ها دندان های جدیدی در می اید(رشد می کند). برخی ماهیان دندان ندارند. ماهیان خاویاری در دوران جنینی و قبل از بلوغ دندان دارند ولی بعد ها دندانشان می افتد به طوری که در زمان بلوغ اصلا دندان ندارند.

ج)حلق

به دلیل وجود ساختارهای مختلف در حلق این ناحیه را می توان به عنوان بخشی از دستگاه گوارش و تنفس به حساب آورد، یکی از ویژگی های ساختاری حفره دهانی - حلقی وجود بالشتک حلقی (اندام کامی) در گونه های *Cyprinus carpio* می باشد که در محل ورود به مری واقع شده است و در بازگرداندن آب اضافی از غذای بلعیده شده نقش دارد.

د)مری

غذای بلعیده شده وارد مری می شود. معمولا مری در ماهیان، کوتاه و قابل اتساع بوده و از ویژگی مری ماهیان داشتن چین های طولی است که امکان اتساع آن را فراهم کرده و از یک لایه موکوسی پوشیده شده است. بنابراین ماهیان ذرات نسبتا بزرگ را می توانند ببلعند. مری در ماهیان ابتدایی مانند دهان گردان و بعضی ماهیان امروزی که فاقد معده ترشحی هستند(مانند کپور ماهیان) مستقیما به روده منتهی می شود، اما در بیشتر ماهیان به معده راه می یابد. در ماهیان استخوانی پست، مری محل ارتباط کیسه شنا با مجرای دستگاه گوارش از طریق مجرای هوایی پنوماتیک (phenumatic) است که با این وضعیت physostome می گویند.

ه) معده

هضم غذا در ماهیان از معده آغاز می شود و معده معمولا حرکتی ندارد(در انسان هضم غذا از دهان شروع شده و معده عمل هضم مکانیکی هم انجام می دهد) . از آن جایی که هضم در معده ماهی فقط به طریق شیمیایی است، اسیدیته معده ماهی زیاد است با این حال معده بسیار متغیر است و در واقع در اکثر لاروها و در حدود ۱۵٪ بالغین مانند ؛ دهان گردان، شیمرا و بعضی از ماهیان استخوانی (Cyprinidae ، Scaridae ، Odacidae ، Blenniidae) وجود ندارد و محتویات مری مستقیما به داخل روده تخلیه می شود. معمولا معده به شکل یک لوله عضلانی خمیده می باشد به طور مثال معده کوسه ماهیان U شکل می باشد و بسیار اسیدی است. در آزاد ماهیان معده به شکل حرف (U) است. شاخه پائین روی آن که به مری وصل است را کاردیاک و قسمت بالا روی آن را که به روده وصل است ، شاخه پیلوریک می نامند. در مار ماهی مهاجر و شگ ماهیان معده به صورت حرف (y) است. در ماهیان خاویاری و کفال ماهیان ، قسمتی از معده تبدیل به سنگدان شده که نقش دندان و له کردن غذا را ایفا می کند.

به طور کلی می توان معده را به ۳ ناحیه تقسیم کرد :

۱-فم المعده یا ناحیه cardiac که مستقیماً به مری متصل است و این قسمت فاقد غدد ترشحی می باشد، بیشترین تولید اسید در بخش کاردیاک صورت می گیرد.

۲-ناحیه قاعده ای یا fundic که این قسمت دارای غدد معدی می باشد

۳- ناحیه باب المعدی یا pyloric که در این قسمت علاوه بر غدد معدی سلول های اندوکرینی G، هورمون گاسترین را ترشح می کنند، هورمون گاسترین باعث تحریک ترشح اسید معده و تخلیه معده می شود.

دیواره معده ضخیم تر و عضلانی تر از سایر قسمت های دستگاه گوارش می باشد، خصوصاً در ناحیه پیلوریک و این امر امکان تشخیص این قسمت را از ناحیه فوندیک و قاعده ای به راحتی امکان پذیر می سازد.

برخی ماهیان معده مشخص دارند ولی برخی دیگر از جمله کپور ماهیان، معده مشخص ندارند. در ماهی عمل هضم از معده شروع می شود.در بعضی ماهیان زواید انگشت مانند بین معده و روده وجود دارد که به آنها زواید باب المعده (زواید پیلوریک) اطلاق می شود. کار آن افزایش سطح جذب غذا است و ممکن است در هضم غذا نیز نقش داشته باشد. از تعداد زواید باب المعده در برخی ماهی ها جهت شناسایی گونه استفاده می شود . این زواید در روغن ماهیان تا ۱۰۰ عدد، در سوف ماهیان ۳ تا ۴ عدد و در کفال ماهیان ۴-۲ یا ۹-۷ عدد

می باشد. زواید پیلوریک ممکن است تک تک به لوله گوارش متصل باشند یا اینکه همگی توسط یک مجرای مشترک به لوله گوارش وصل شوند.

*در ماهیانی که معده ندارند و علفخوارند ، روده طویل است و طول آن ممکن است ۱۵-۸ /۰ برابر طول بدن ماهی باشد. ماهیانی که معده دارند وگوشتخوارند، روده ای کوتاه دارند که طول آن ۲/۵-۰/۲ برابر طول بدن است. جذب ذرات غذایی به خون عمدتا در روده انجام می شود.

معده سنگدانی شکل(Gizzard-Like Stomach)

این ساختار در Mugilidae یا کفال‌ماهیان ، Girellidae و Acanthuridae دیده می شود که Mugilid و Acanthurid دتریت خوار هستند، ماهیانی با این نوع معده دارای pH معدی تقریبا خنثی و روده نسبتا طویل هستند. در ماهیان خاویاری نیز در قسمت انتهایی معده یک حالت سنگدانی دارد که حالت ماهیچه ای داشته و حالت حجیمی به معده می دهد.

و)روده

روده محل اصلی گوارش است و آنزیم های پانکراس و آنزیم های مترشحه از دیواره خود روده سبب گوارش نهایی مواد غذایی می شود و جذب محصولات گوارشی و همچنین آب و الکترولیت ها می باشد . تغییرات زیادی در میان ماهیان از لحاظ طول و ترتیب قرار گرفتن روده در حفره شکمی دیده می شود . و قابل مشاهده ترین تفاوت در بین ماهیان طول روده (از اسفنکتر پیلوریک تا مخرج) می باشد. در گونه های گوشتخوار طول روده ممکن است تنها حدود ۲۰٪ طول بدن باشد، در این ماهیان روده مستقیما از معده تا مخرج کشیده شده است . بر عکس روده بعضی از ماهیان گیاهخوار ممکن است بیش از ۲۰ برابر طول بدن شان برسد و بسیار پیچ خورده بوده تا بتواند در فضای محدود حفره شکمی قرار بگیرد. در ماهیان همه چیز خوار و دتریتوس خوار طول روده متوسط می باشد، اساساً این حالت بستگی به نسبت مواد پروتئینی و مواد گیاهی موجود در رژیم غذایی هر گروه دارد. جیره هایی با مواد گیاهی بیشتر به دلیل فیبری بودن مواد گیاهی سخت تر تجزیه می شوند و نیاز به روده طولانی تری دارد . مواد پروتئینی آسان تر هضم می شوند بنابراین طول روده گوشتخواران کوتاه‌تر است. در ماهیان روده بزرگ وجود ندارد ولی با این حال راست روده یا Rectum مشهود است که در برخی گونه ها به وسیله یک دریچه روده ای جدا می شود . وظایفی که به عنوان مشخصه روده کوچک در نظر گرفته می شود مانند هضم و جذب در واقع از اسفنکتر پیلوریک تا مخرج قابل تشخیص است.

* تمام کوسه ماهیان ، سپر ماهیان وماهیان خاویاری در انتهای روده (رکتوم) دریچه ای مارپیچی به نام اسپیرال دارند که سرعت دفع غذا را کند می نماید تا فرایند جذب مواد غذایی کامل گردد (قبل از خروج مدفوع از مخرج).

*در بعضی کوسه ها یک غده لوله ای(rectal gland) به ناحیهٔ عقبی روده، مجاور مخرج متصل است. این غده با ترشح نمک، نقش مهمی در تنظیم اسمزی دارد.

-زوائد پیلوریک phyloric caeca

در قسمت قدامی روده بسیاری از ماهیان استخوانی در انتهای منطقه پیلوریک معده یک یا چند کیسه کور به نام زوائد پیلوریک وجود دارد . بعضی از گروه ها مانند گربه ماهیان (Ictaluridae) ، top minnows (Cyprinodontidae) و اردک ماهی (Esocidae) فاقد این ساختار هستند . ماهیان Polypterus تنها یک زائدهٔ پیلوریک دارند. در سوف زرد تعداد آنها ۳ عدد می باشد و سایر گروه ها مانند ماهیان پهن (Pleuronectiformes) تعداد آنها معمولا بیشتر از ۵ عدد نمی باشد. در ماکرل ها (Scombridae)، آزادماهیان (Salmonidae) و حلزون ماهیان (Liparidae) تعداد این زوائد ممکن است به ۲۰۰ عدد برسد. بیشترین تعداد زواید در روغن ماهیان وجود دارند. زوائد پیلوریک در گونه ها مختلف از نظر اندازه، وضعیت شاخه شاخه شدن، نحوهٔ ارتباط شان با روده به طور قابل ملاحظه ای با یکدیگر تفاوت دارند . در

ماهیان خاویاری زوائد توسط بافت همبندی سازمان دهی شده و بصورت توده ای مجتمع و منفرد در آمده و دارای یک مدخل ورودی و خروجی که ظاهر یک اندام را پیدا می کنند و تنها با یک مجرا ی منفرد به روده راه پیدا می کند. این زوائد در بیشتر ماهیان گوشتخوار دیده می شوند. چندین وظیفه به زوائد پیلوریک نسبت داده می شوند، شامل:

۱- افزایش سطح گوارشی

۲- تعدیل میزان اسید غذا در محل ورود به روده از طریق ترشح مواد

۳- ترشح بعضی آنزیم های گوارشی

ز) کبد و کیسه صفرا

کبد بزرگترین و مهمترین غده بدن می باشد . این اندام چند لوبی درقسمت ابتدایی دستگاه گوارش(سطح معده) قرار گرفته است که بهترین روش پیداکردن آن پیداکردن کیسه صفرا است که به آن متصل است. و در بیشتر گونه های ماهی دو لوب مشخص دارد، در ماهی آزاد دارای یک لوب، در ماکرل دارای سه لوب و در کوسه ماهیان و سپر ماهیان و روغن ماهیان کبد بسیار بزرگ است. دربرخی از کوسه های پلاژیک حدود ۲۰٪ از وزن بدن را تشکیل می دهد. در هاگ فیش ها کبد به دو قسمت مجزا تقسیم می شود که هرکدام توسط یک مجرا به کیسه صفرا راه می یابند. بخش اعظم بافت کبد در متابولیسم نقش دارد و خونی که مواد مغذی جذب شده از روده را جمع آوری می کند از طریق سیاهرگ باب کبدی به سمت کبد می رود همین طور کبد مواد سمی را از خون پالایش می کند و با متابولیسم این مواد آنها را به ترکیبات دیگر تیدیل کرده و به داخل صفرا بر می گرداند و سپس به روده ترشح شده و دفع می شوند.

بخش دیگر بافت کبدی غده ای است و در تولید صفرا دخالت دارد. صفرا توسط سلول های هپاتوسیت کبدی ترشح می شود و در بیشتر ماهیان در مجرای کوچکی به نام canniculi جمع شده و تغلیظ می گردد و به داخل کیسه صفرا می ریزند. کیسه صفرا معمولا کروی است اما در بعضی گونه ها حالت کشیده دارد صفرا از طریق مجرای صفراوی و دریچه ای که معمولاّ در عقب اسفنکتر پیلوریک قرار دارد به داخل روده ریخته می شود. پر بودن کیسه صفرا نشان می دهد که ماهی مدتی است که تغذیه نکرده، ولی خالی بودن آن حاکی از آن است که ماهی به تازگی تغذیه کرده است. در لامپری های بالغ هیچگونه مجرای صفراوی یا کیسه صفرا وجود ندارد.

در کپور ماهیان و ماهیان خاویاری ، کبد و لوزالمعده به صورت یکپارچه(هپاتوپانکراس) است ولی در آزاد ماهیان، کبد و لوزالمعده از هم جدا هستند. اصلی ترین ماده ذخیره‌ای در کبد، گلیکوژن است. سلول های کبدی در متابولیسم پروتئین، چربی و قندها دخالت دارند. خنثی کردن سموم هم از اعمال مهم آن‌ها است.

ح)طحال

در قسمتهای میانی و تحتانی دستگاه گوارش و بین روده ها قرار دارد و دارای رنگی تیره تر نسبت به کبد و پانکراس است و در قزل آلا به راحتی جدا می شود. وظایف طحال تولید گلبولهای سفید خون و از بین بردن بخشی از گلبولهای قرمز خون که پیر و مرده اند می باشد.

کیسه شنا و شناوری Swim bladder and Buoyancy

کیسه شنا اندامی است که در اکثر ماهیان وجود دارد و از آن برای حفظ حالت شناوری و تغییر عمق خود در آب استفاده می کنند. گاهی هم این اندام در عمل شنوایی، تنفس یا تولید صدا بکار می رود. این کیسه پر از گاز است. ماهی در ابتدای تولد، هوا در کیسه شنای خود ندارد اما وقتی که کیسه زرده ماهی در شرف تمام شدن است ، نوزاد ماهی به سطح آب آمده و از طریق لوله گوارش و مجرایی به نام پنوماتوفور که بین لوله گوارش و کیسه شنا قرار دارد، هوا وارد کیسه شنا می شود. حدود یک هفته بعد ممکن است که مجرای پنوماتوفور بسته شود و یا تا آخر عمر باز باقی بماند.

دسته ای از ماهیان که ارتباط کیسه شنای آنها با لوله گوارش تا آخر عمر برقرار است را **فیزوستوم** (کیسه شنای باز) و گروهی را که در آن ها این ارتباط فقط در دوران نوزادی برقرار است و بعدا مجرای پنوماتوفور بسته می شود را **فیزوکلیست** (کیسه شنای بسته) می نامند. ماهیان فیزوکلیست اکثرا دریا زی هستند.

یکی از وظایف کیسه شنا، نزدیک کردن وزن مخصوص(چگالی) بدن ماهی به وزن مخصوص آب است. به دلیل زیاد بودن چگالی آب دریا نسبت به آب شیرین، ماهی و سایر اشیای موجود در آب دریا تمایل بیشتری به شناوری به سمت بالا دارند و به همین دلیل است که کیسه شنا در ماهیان آب شیرین بزرگ تر است . کیسه شنا به طور متوسط حدود ۵٪ حجم بدن ماهیان دریایی و حدود ۷٪ حجم بدن ماهیان آب شیرین را به خود اختصاص می دهد. البته وجود یا عدم وجود کیسه شنا و اندازه آن به اکولوژی و عادات زندگی ماهی بستگی دارد. ماهیان کفزی کیسه شنای کوچک دارند یا به طور کلی فاقد کیسه شنا هستند و چگالی بعضی از آنها تا۵٪ از چگالی آب دریا بیشتر است.

در ماهیان فاقد کیسه شنا عامل اصلی بالا آمدن در ستون آب داشتن باله های سینه ای قوی و بزرگ است. آن دسته از ماهیان کفزی که برای به دست آوردن غذا از کف بستر به سمت بالا شنا می کنند کیسه شنای کوچک دارند و حجم کیسه شنای بعضی از آن ها ۰/۳-۱٪ حجم بدن آن هاست. در آن دسته از ماهیان دریایی که دور از بستر زندگی می کنند و دامنه مهاجرت عمودی آن ها هم کم است حجم کیسه شنا در حدود ۵-۵/۶٪ حجم بدنشان است. در ماهیان آب شیرین حجم کیسه شنا ۷-۶ /۱۰٪ حجم بدنشان است.

ماهیانی که در آب های جاری بسر می برند نسبت به ماهیانی که در آب های راکد زندگی می کنند، کیسه شنای کوچکتری دارند به خاطر این که حالت شناوری آن ها کاهش یافته و ماهی بتواند در یک محل معین از جویبار باقی بماند. از میان ماهیان آب های جاری، کیسه شنای گونه هایی که عادت به زندگی در آب های با جریان تند دارند، نسبت به ماهیانی که در آبهای آرامتر زندگی می کنند، از گنجایش و وسعت کمتری برخوردار است.

گازهای اصلی تشکیل دهنده کیسه شنا،O_2 وN_2 می باشد. در ماهیان آب شیرین N_2 بیشتر است ولی در ماهیان دریایی که در اعماق بیشتری زیست می کنند، O_2 بیشتر است.

کیسه شنا از سه لایه تشکیل شده است:

۱- لایه خارجی که دارای گوانین است و نقره ای رنگ است.
۲- لایه میانی که عضلانی است.
۳- لایه داخلی که سلول هایش دارای واکوئل های ترشحی هستند و به همین علت است که از کیسه شنا، چسب تهیه می شود.

پروخالی شدن کیسه شنا :

ماهیان وقتی به اعماق می روند، مقدار گاز موجود در کیسه شنای خود را افزایش می دهند تا سنگین تر شوند ولی وقتی از اعماق به مناطق سطحی تر نزدیک می شوند، به دلیل کاهش فشار ، حجم گاز داخل کیسه شنا زیاد شده و مقداری از آن خارج می شود. در ماهیان فیزوستوم مسیر اصلی پر یا خالی شدن کیسه شنا، مجرای پنوماتوفور (پنوماتیک) است و فقط در تعداد کمی از آن ها عروق خونی توسعه یافته در دیواره کیسه شنا جهت تبادلات گازی وجود دارد.

بیش از دو سوم ماهیان استخوانی فیزوکلیست هستند. در ماهیان فیزوکلیست برخلاف اکثر ماهیان فیزوستوم، ساختارهای ویژه ای مرتبط با دستگاه گردش خون برای خالی کردن یا اتساع کیسه شنا وجود دارد که عبارتند از :

۱- رته میرابیل(Rete Mirable) یا شبکه شگفت انگیز و غده گازی جهت اتساع کیسه شنا.

۲- اندام بیضی شکل (oval body)جهت باز جذب گاز از کیسه شنا به خون.

لازم به تذکر است که بجز غده گازی و اندام بیضی شکل، بقیه قسمتهای دیواره کیسه شنا به دلیل داشتن بلورهای گوانین، نسبت به گازها غیر قابل نفوذ است.

۱- رته میرابیل :

این شبکه عبارت است از یک گروه به هم فشرده از مویرگ های آوران و وابران که یک دیگر را احاطه می کنند. ترشحات موضعی اسید لاکتیک در نزدیک انتهای شبکه در محل غده گازی سبب کاهش PH خون می شود. اسیدی شدن خون سبب کاهش میل ترکیبی هموگلوبین با اکسیژن می شود، در نتیجه اکسیژن از هموگلوبین جدا شده و به داخل پلاسمای خون آزاد می گردد. در اثر اختلاف فشار و به طریق پدیده انتشار اکسیژن از پلاسمای خون وارد کیسه شنا می شود. از طرف دیگر به دلیل اینکه فشار اکسیژن در عروق وابران شبکه رته میرابیل ، بیشتر از عروق آوران می شود، مقداری اکسیژن از عروق وابران به عروق آوران (عروقی که به سمت کیسه شنا می روند) که در مجاورت آن ها قرار دارند، انتشار یافته و در نتیجه امکان نفوذ مقادیر بیشتری اکسیژن به کیسه شنا فراهم می گردد.

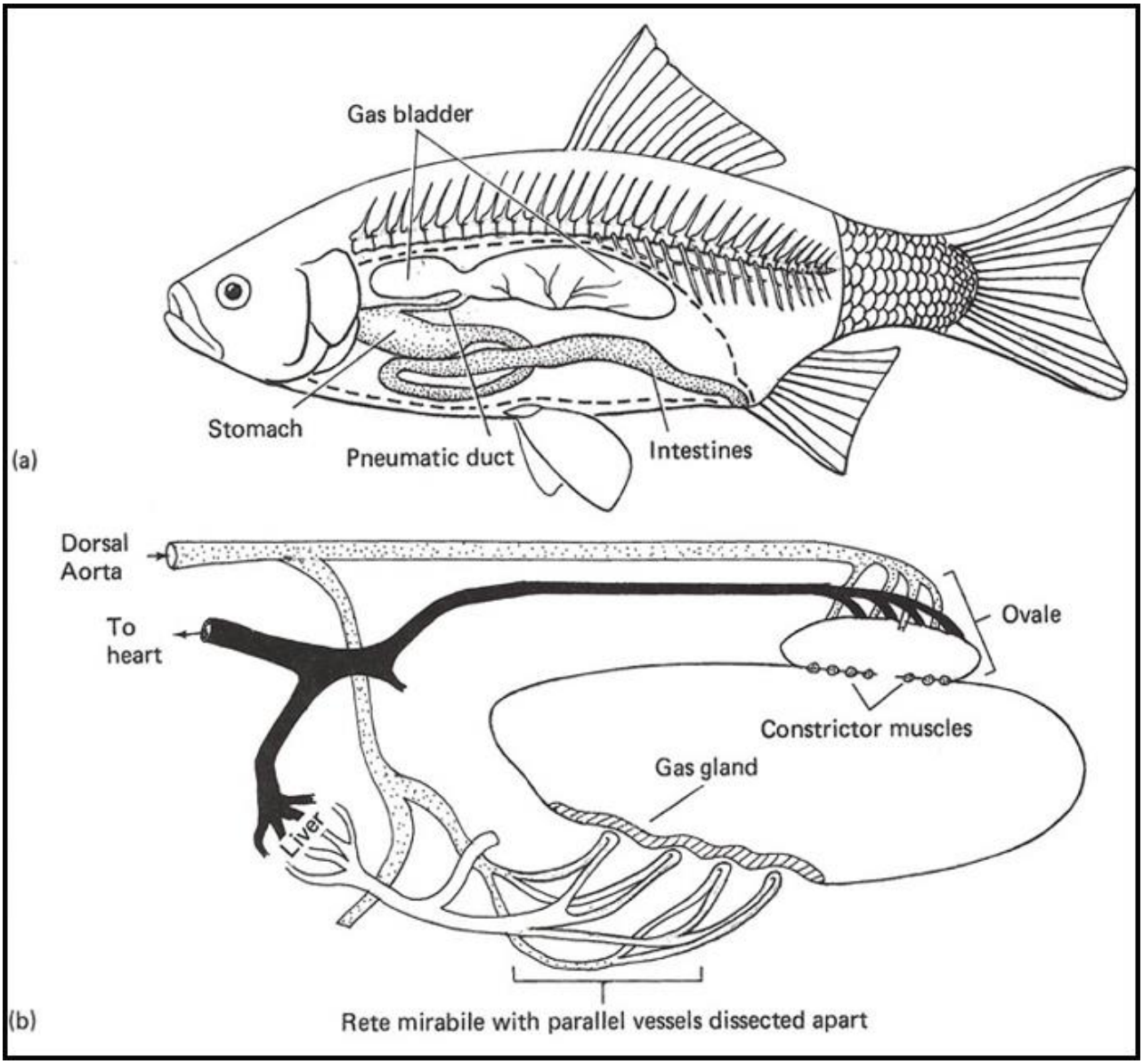
علاوه براکسیژن ممکن است بخش مهمی از گازهای ترشح شده به کیسه شنا، دی اکسید کربن باشد که از بی کربنات موجود در خون یا سوخت و ساز غده گازی حاصل می شود.

هرچه طول مویرگ ها در شبکه رته میرابیل زیادتر باشد، انتقال گاز از عروق وابران به آوران شبکه به صورت شدید تر اتفاق می افتد یا بعبارت دیگر قدرت انتقال گاز از خون به داخل کیسه شنا بیشتر خواهد شد و به همین علت است که در ماهیان ساکن اعماق ۱۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متری ، شبکه مویرگی رته میرابیل ۲۵ برابر طویل تر از ماهیانی است که در عمق ۱۵۰تا ۵۰۰ متری زیست می کنند.

۲- اندام بیضی شکل :

کاهش حجم کیسه شنا در ماهیان فیزوکلیست، از طریق انتشار گاز از کیسه شنا به داخل جریان خون از محل یک ناحیه غنی از عروق خونی که به شکل نیم دایره ای یا بیضی است،انجام می شود. این ساختار را به خاطر شکل خاصی که دارد اندام بیضیOval body می گویند و در دیواره پشتی کیسه شنا قرار دارد . در مواقعی که نیاز به دفع گاز از کیسه شنا (ورود گاز از کیسه شنا به خون) نیست، ارتباط

اندام بیضی با حفره داخلی کیسه شنا توسط یک دریچه عضلانی قطع می شود. شل شدن این دریچه عضلانی سبب می شود که تماس و مجاورت مویرگ های اندام بیضی با گاز های داخل کیسه شنا امکان پذیر شود. استثنائا در برخی ماهیان فیزوکلیست دریچه عضلانی مذکور بین اندام بیضی و حفره داخلی کیسه شنا وجود ندارد، در این ماهیان از طریق انقباض مویرگ های اندام بیضی و یا در اثر انقباض و در نتیجه ضخیم شدن دیواره کیسه شنا، از خروج گاز از کیسه شنا ممانعت می شود. گاز اضافی وارد شده از کیسه شنا به خون و از طریق آبشش ها به خارج از بدن دفع می شود. اکثر ماهی ها کیسه شنا دارند (ماهیان پرورشی سردابی ، گرمابی و خاویاری) اما تن ماهیان، کوسه ماهیان، سپر ماهیان، دهان گردان و.... کیسه شنا ندارند. در ماهی سوف کیسه شنا بسته است. اردک ماهی و ماهیان خاویاری کیسه شنای یک قسمتی، کپور کیسه شنای دو قسمتی و شگ ماهی کیسه شنایی با دو مجرا (ورودی- خروجی) دارد.



دستگاه تناسلی Reproduction system

ماهیان به یکی از سه روش زیر تولید مثل می کنند :

۱- در اغلب ماهیان، جنس های نر و ماده از هم جدا هستند که این روش تولید مثلی را روش دو جنسی Dioecious می نامند. در این ماهیان دو اندام قرینه به نام غدد تناسلی وجود دارد که در ماهیان نر بیضه و در ماهیان ماده تخمدان می باشد و در محوطه شکمی وجود دارند.

۲- بعضی از ماهیان هرمافرودیت (نر- ماده) هستند. این نوع تولیدمثل در هامورماهیان (خانوادهSerranidae) و بعضی از آزاد ماهیان مشاهده می شود. هامور هرمافرودیت ناپایدار است یعنی ابتدا نر است و در سنین بالا ماده می شود.

۳- روش بکرزایی، که در این روش ماده بدون دخالت نر تولید مثل می کند و حتی ممکن است جفتگیری هم انجام شود ولی در این حالت، اسپرم فقط تحریک کننده تخمک است و با تخمک ترکیب نمی شود و ماهیان به وجود آمده بدون داشتن صفات پدری غالبا ماده اند مثل: مولی آمازون (*Fiecillia firmosa*) که زنده زاست و خاص مناطق گرمسیری می باشد.

ماهیان ممکن است تخم گذار (Oviparous)، بچه‌زا (Viviparous)، یا زنده‌زا (Ovoviviparous) باشند.

الف)در تخم گذار (Oviparous) تخم های لقاح یافته در داخل آب از کیسه زرده ای که همراه جنین است تغذیه و رشد می کند.

ب)در بچه زا (Viviparous) تخم های لقاح یافته در داخل بدن ماده رشد می کند و جنین مستقیما از مادر تغذیه می کند و نوزاد از بدن خارج می شود مثل ماهی گامبوزیا و بمبک معمولی.

ج)در ماهیان زنده زا (Ovoviviparous) تخم در داخل بدن رشد یافته اما وابستگی غذایی به مادر ندارد. تخم در داخل بدن کمی رشد کرده و اندکی قبل از خروج نوزاد از تخم، تخم از شکم ماهی ماده بیرون می آید مثل بمبک گربه.

ماهیان زنده زا و ماهیان بچه زا، لقاح داخلی دارند اما ماهیان تخم گذار لقاح خارجی دارند.

در بعضی از ماهیان جنس های نر وماده از لحاظ شکل ظاهری از هم قابل تشخیص هستند، مثلا در ماهی سفید دریای خزر *Rutilus frisii kutum* در فصل تخم ریزی سر و تمام بدن جنس نر از برجستگی های مرواریدی پوشیده می شود . در این موقع می گویند ماهی نر لباس عروسی بر تن کرده است. این برجستگی ها که به صورت زواید شاخی مانند هستند بعد از فصل تخم ریزی در اثر ترشح هورمن ها ناپدید می شوند.

در ماهی گامبوزیا یا ماهی گوپی، تعدادی از شعاع های باله مخرجی جنس نر تبدیل به عضو جفت گیری(Gonopodium) می شود. باله مخرجی در ماهی نر دم شمشیری (Sword tail) که از ماهیان جنگجوی آکواریومی است، بسیار رشد کرده و سیخ مانند شده . در ماهی گورامی (*Trichogaster leer*i) در جنس نر باله پشتی و مخرجی، بزرگ تر ، پهن تر و درازتر است. همچنین رنگ باله ها درخشان تر است. در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) انتهای فک پائینی در جنس نر به طرف بالا برگشته و به صورت قلاب یا دندان خمیده ای درآمده است . در ماهی آزاد گوژپشت (*Oncorhynchus gorbuscha*) در جنس نر، هر دو فک بالایی و پائینی کاملا خمیده شده و برآمدگی بزرگی در پشت سر آن پدید می آید.

ساختمان بیضه (Testis)

بیضه از لوله های مارپیچی به هم پیوسته ای تشکیل شده است و به دو شکل ساختمانی متفاوت ممکن است دیده شود :

۱- در بعضی ماهیها، درحفره بیضه، مراحل مختلف رشد سلول های جنسی به صورت در هم دیده می شود. به این ساختمان Unrestricted form می گویند . این ساختمان در ماهیان خاویاری ، کپور ماهیان و آزاد ماهیان مشاهده می شود.

۲- در عده ای دیگر از ماهیان ، مراحل مختلف رشد و نمو مواد تناسلی در بیضه ، به ترتیب در پشت سر هم قرار گرفته اند. به این ساختار Restricted form می گویند. مثل ماهی گوپیGuppy .

اصولا بیضه دارای دو نوع سلول است :

۱- سلول های زایشی (جنسی) Germ cells : از سلول های زایشی اسپرم به وجود می آید (اسپرماتوگونیا به اسپرماتوسیت اولیه و بعد به اسپرماتوسیت ثانویه ، سپس به اسپرماتید و در نهایت به اسپرم(اسپرماتوزوآ) تبدیل می شود.

۲- سلول های رویشی (غیرجنسی) Somatic cells : سلول‌های سوماتیک شامل: الف)سلول‌های بینابینی(Lydig – interstitial)،ب)سلول‌های سرتولی(sertoli cells) و ج) سلول‌های دیواره(Derm cells) است.

الف)سلول‌های بینابینی:

سلول های بزرگی هستند و تعداد زیادی میتوکندری دارند. بین لوله های حاوی اسپرم قرار داشته وکارشان :

۱- ترشح هورمون‌های استروئیدی (آندروژن ها و پروژسترون ها) جهت رشد و تکامل اسپرم .

۲- پشتیبانی از سلول های جنسی .

۳- ایجاد خصوصیات ثانویه در زمان تولید اسپرم است.

ب)سلول های سرتولی :

حفاظت، نگهداری و تغذیه سلول های جنسی و در شرایط نامساعد، خوردن و هضم سلول های جنسی را بر عهده دارند.

ساختمان اسپرم

اسپرم از ۳ قسمت سر، گردن و دم تشکیل شده است. سر از آکروزوم و هسته تشکیل شده است. کار آکروزوم (پرفوراتور) ترشح آنزیم های لازم (مانند لیزین) جهت حل کردن جدار تخمک و ورود اسپرم به آن است. معمولا در ماهیان ناحیه سر دایره‌ای است(البته در ماهیان خاویاری ناحیه سر حالت بیضوی کشیده دارد).در ماهیان استخوانی بر خلاف ماهیان خاویاری سر فاقد آکروزوم می باشد و واکوئل هایی کار آن را انجام می دهندقسمت میانی گردن(یقه) نام دارد که حاوی اجزای سلولی سانتریول و میتوکندری است . در این مکان انرژی لازم برای حرکت اسپرم تولید می شود.

تخمدان:

ساختمان تخمک :

از لحاظ شکل، ساختمان و عملکرد ، واحد اساسی تشکیل دهنده تخمدان ، فولیکول های آن می باشند که در مرکز آن تخمک (اووسیت) و در اطراف آن لایه هایی قرار دارد . این لایه ها عبارتند از:

۱- لایه ردیاتا Zona radiate

این لایه به غشای سیتوپلاسمی چسبیده وخارجی ترین لایه تخمک است . از جنس پروتئین است و در بعضی از ماهیان از چند لایه کوچک تر تشکیل شده است . مثلا در ماهیان خاویاری این لایه چهار طبقه ای است که لایه خارجی آن پس از تماس با آب حالت چسبندگی ایجاد می کند . وظیفه دو سه لایه دیگر ، ایجاد زمینه مناسب برای پذیرش اسپرم (تحریک اسپرم به رها سازی آکروزوم) است. لایهZona radiate توسط فرورفتگی هایی به نامMicrovilli با لایه Granulosa cells در تماس است . مواد غذایی وهورمون های مورد نیاز از طریق کانال های خاصی که بین این دو لایه است ، به درون تخمک انتقال می یابند.

۲- لایه گرانولوزا Granulosa

کار این لایه ترشح هورمون های استروئیدی (استروژن ها و پروژسترون ها) است . این لایه ، هورمون های حاصله از لایه های بالایی را با فعالیت های آنزیمی خاص تبدیل به هورمون های مورد نیاز تخمک می کند.

۳- لایه غشایی Basement membrane

این لایه ، لایه های گرانولوزا و تکا را از هم جدا می کند . بیشتر نقش حفاظتی دارد و هنوز نقش ترشح هورمون یا تغذیه ای برای این لایه مشخص نشده است.

۴- لایه تکا Theca

کار سلولی آن ترشح پیش هورمون های (Precusor) مورد نیاز تخمک و هورمون MPF (Maturation Promotive Factor) است . MPF سبب بلوغ نهایی تخمک می شود.

* به مجموعه سلول‌های گرانولوزا و تکا سلول‌های فولیکولی می گویند.

هسته در ابتدا در مرکز تخمک قرار دارد . پس از تجمع مواد زرده‌ای درون تخمک (فرایند ویتلوژنزیز Vittelogensis) هسته به سمت قطبی از تخمک حرکت می کند که در دیواره آن سوراخ میکروپیل قرار دارد . این قطب را قطب حیوانی تخمک می گویند . در اکثر ماهیان استخوانی فقط یک عدد سوراخ میکروپیل وجود دارد ولی در تاس ماهیان چندین سوراخ میکروپیل وجود دارد. بعضی از ماهیان در فصل تولیدمثل ، خاویارشان سمی است نظیر سس ماهی (جنس Barbus) ، سیاه ماهی و ماهی خواجو.

دستگاه دفعی Excretory system

دستگاه دفعی ماهیان شامل ۳ قسمت است:

۱- آبشش ها : قسمت اعظم آمونیاک و یون های تک ظرفیتی (کلروسدیم) از طریق آبشش دفع می شوند.

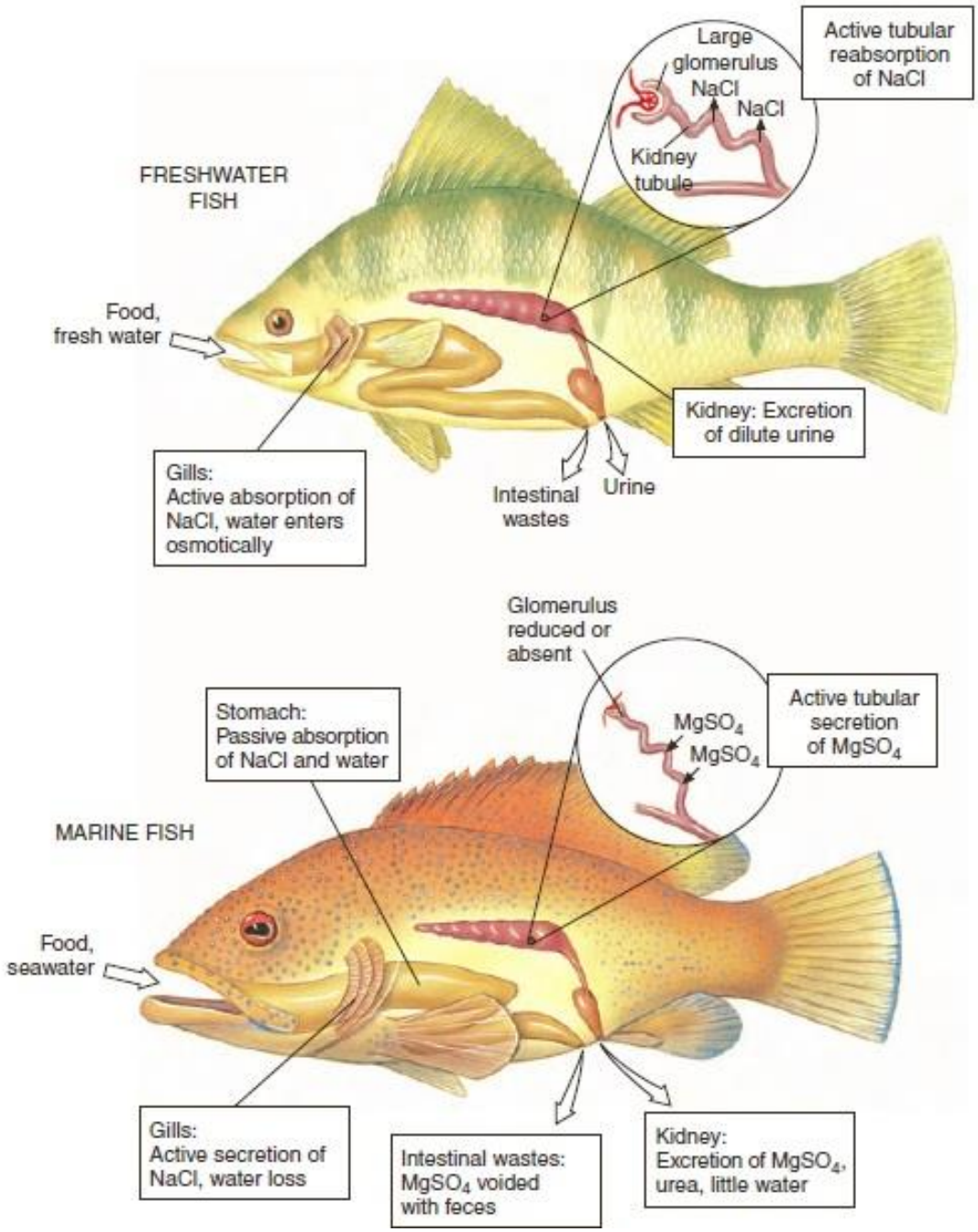
۲- غده رکتال (Rectal gland) : این غده در ماهیان غضروفی وجود دارد. توسط مجرایی به قسمت انتهایی راست روده باز می شود واز طریق آن یون های سدیم و کلر دفع می گردد.

۳- کلیه : کلیه ها به صورت دو جسم طویل و به رنگ قرمز تیره در طرفین ستون مهره ها قرار دارند. وظایف دفعی کلیه در بخش خلفی آن متمرکز شده است و بخش قدامی(Head of kidney) آن دچار تغییر ساختار و همچنین تغیر وظایف شده است که در خون سازی نقش دارد. یکی از وظایف کلیه تنظیم اسمزی است. کلیه تمام مهره داران از واحد بسیار زیادی به نام نفرون تشکیل شده است. نفرون از دو بخش تشکیل شده است:۱- جسم کلیوی و ۲- لوله کلیوی.
جسم کلیوی دارای کپسول بومن دو دیواره است به هر جسم کلیوی سرخرگ کوچکی وارد می شود که به دسته یا شبکه ای از مویرگها موسوم به گلومرول منشعب می شوند و در داخل کپسول بومن پیچ خورده اند عمل فرا پالایش خون در جسم کلیوی صورت می گیرد، عمل فرا پالایش در اثر فشار خون صورت می گیرد، مایع یا پالایه گلومرولی وارد لوله های کلیوی می شود. لوله کلیوی به دو بخش تقسیم می شوند :۱- لوله پیچیده نزدیک و ۲. لوله پیچیده دور .

در لوله پیچیده نزدیک مواد محلول مانند گلوکز و همچنین آب دوباره باز جذب می شوند ولی در لوله پیچیده دور تغییر مایع لوله ای به ادرار صورت می گیرد. لوله های پسین به یکدیگر پیوسته و مجاری جمع کننده را تشکیل می دهند. در نفرون پستانداران لوله پیچیده نزدیک ودور بوسیله اتصال بند ظریف خاصی تشکیل خمی می دهد که به خم هنله معروف است که مسئول تشکیل ادرار متراکم تر از پلاسمای خون می باشد که در ماهی ها دوزیستان و خزندگان وجود ندارد.

ماهیان آب شیرین تمام اجزای نفرون به غیر از لوله هنله را دارند. ماهیان آب شورلوله پیچیده دور یا دیستال را ندارند و ممکن است سایر اجزا را هم نداشته باشند. تنها ساختار نفرون که همه تلئوست ها در آن مشترک هستند لوله پیچیده نزدیک و توبول جمع کننده ادرار است ماهیان دریایی که آب را به غیر از کلیه از طریق دیگر نیز از دست می دهند نسبت به ماهیان آب شیرین از گلو مرول کوچکتر و کمتر برخوردارند.

کلیه در **ماهیان الاسمو برانش** دارای ساختاری پهن ، نواری یا بندی شکل است که در قسمت خلفی پهن تر است. غضروف ماهیان دارای رابطه ادراری تناسلی می باشد.درجنس نر غضروف ماهیان قسمت قدامی کلیه با غده تناسلی ارتباط حاصل می کند و در اینجا کانال ولف به عنوان کانال اسپرم بر و ادراری فعالیت می کند. در جنس نر کانال مولر تحلیل رفته و به صورت زائده ای در می آید. در جنس ماده دابطه ادراری تناسلی وجود دارد و این دو کانال از یکدیگر جدا هستند. کانال ولف برای ادرار و کانال مولر به عنوان مجاری تخم بر فعالیت می کند. در غضروف ماهیان و ماهیان شش دار حفره ادراری و تناسلی وارد بالوعه یا **کلواک** cluaca شده وسپس به خارج دفع می گردد.



ماهیان استخوانی عالی ارتباط ادراری _ تناسلی ندارند. در این ماهیان از هر کلیه مجرای سفید رنگ به نام میزنای(Ureter) خارج شده و در قسمت انتهایی محوطه شکمی به هم می پیوندند. نهایتا به کیسه کوچکی به نام مثانه (Urinary bladder) می ریزند. در این ماهیان در انواع نر، مجرای اسپرم بر به کیسه مثانه می ریزد. در انواع ماده ، غالبا مجرای تخمک بر (Oviduct) بین مخرج و منفذ مثانه به بیرون منتهی می شود.در ماده ها از جلوی بدن به طرف دم به ترتیب اول مخرج + دوم منفذ تناسلی + سوم منفذ مثانه قرار دارند.

ماهیان خاویاری کلیه ای طویل دارند. در جنس نر قسمت قدامی با دستگاه تناسلی در ارتباط است.

نکته :ماهیان مثانه واقعی ندارند یا به عبارت دیگر ساختمان مثانه آن ها مثل مثانه پستانداران نیست . در بعضی از ماهیان استخوانی عالی در جنس ماده ، مجرای تخمک بر وجود ندارد و در اثر پاره شدن تخمدان ، تخمک ها به درون حفره شکمی آزاد می شوند و سپس از راه منفذ تناسلی دفع می گردند: نظیر آزاد ماهیان و مار ماهیان .

ماهیان دودمی و برخی از ماهیان غضروفی (کوسه وسپر ماهیان) ، کلوآک دارند. ادرار، مدفوع و محصولات تناسلی به این حفره می ریزد اما ماهیان استخوانی عالی وتاس ماهیان کلوآک ندارند.

در ماهیان غضروفی و بسیاری از تاس ماهیان در جنس نر ارتباط ادراری – تناسلی (Urogenita) وجود دارد . این ارتباط بین بخش قدامی کلیه و بیضه است . در آن ها ادرار و اسپرم مشترکا از طریق کانال ولف دفع می شود. در جنس ماده این ماهیان، ارتباط ادراری – تناسلی وجود ندارد که ادرار از طریق کانال ولف وتخمک از طریق کانال مولر دفع می شود.

دستگاه گردش خون Circulatory system

دستگاه گردش خون در ماهیان شامل قلب ، عروق خونی و خون است.
گردش خون در ماهیان عمدتا یک مسیر یکطرفه است و نسبت به مهره داران عالی تر تفاوتهایی دارد. در تمام بخش های قلب خون تیره مشاهده می گردد و خون روشن پس از عبور از آبششها وجود دارد. (در ماهیان شش دار خون روشن در بخش چپ دهلیز قابل مشاهده است)

قلب

قلب ماهیان در قسمت خلفی قوس های آبششی ودر ناحیه جلویی کمر بند شانه ای درون حفره قلبی (Pericard) قرار دارد. حفره قلبی توسط پرده صفاقی (از جنس بافت پیوندی) از حفره شکمی جدا شده است (ماهیان پرده دیافراگم ندارند). حفرات قلبی و شکمی در ماهیان غضروفی از هم جدا نشده اند. قلب ماهیان دوحفره ای (یک دهلیز و یک بطن) بوده و از چهار قسمت تشکیل شده است: ۱- سینوس وریدی (Sinus venosus) ۲- دهلیز(Atrium) ۳- بطن (Ventricle)۴- پیاز شریانی (Balbus arteriosus)

خونی که از تمام بدن بر می گردد به سینوس وریدی می ریزد ، در آن جمع آوری شده و به دهلیز هدایت می شود. سینوس وریدی و دهلیز دیواره ای نازک دارند ولی بطن دیواره عضلانی دو لایه دارد . این لایه ها را Pars corticalis وPars Spongios می گویند.پیاز شریانی دارای یک دریچه است و این اندام در قلب دهان گردان و ماهیان استخوانی عالی مشاهده می شود. قلب در ماهیان غضروفی ، غضروفی- استخوانی (خاویاری) و دودمی بجای پیاز شریانی ، مخروط شریانی (Conus arteriosus) دارد که دارای ۸ – ۲ دریچه قلبی شکل است . پیاز یا مخروط شریانی از بازگشت خون به قلب جلوگیری می کند . بعد از پیاز یا مخروط شریانی ، آئورت شکمی قرار دارد.

تکامل یافته ترین نوع قلب در ماهیان دو تنفسی (Dipnoi) مشاهده می شود که دهلیز توسط پرده ای به دو بخش تقسیم شده است . در بطن آن ها هم دیواره ناقصی وجود دارد.

خون :

خون نوعی بافت همبند است که شامل :۱- ماده بنیادی (پلاسما) متشکل از آب (۸۰٪)، پروتئین ها (۱۸٪) و قند، چربی و املاح (۲٪) ، ۲- رشته ها (فیبرین) و ۳- سلولها (گلبول قرمز (اریتروسیت)، گلبول سفید (لکوسیت)، و پلاکت (ترومبوسیت) است.خون وظایفی نظیر: انتقال گازهای تنفسی (O2 وCo2) بین اندامهای تنفسی و بافتها، انتقال مواد غذایی ،انتقال متابولیتها از اندام ها به کبد، انتقال محصولات دفعی تنفسی از بافتها به سوی اندام های تنفسی و کلیه ها، انتقال هورمون ها،انعقاد، تثبیت محیط داخلی مناسب برای سلولها و حمل ترکیبات دخیل در پاسخ ایمنی را بر عهده دارد. در لامپری ها حجم خون بیشتر و به ۸/۵ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم میرسد و در هاگ فیش ها حتی از این هم بیشتر است و به ۱۷ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم میرسد. در ماهیان الاسمو برانش ها،حجم خون بین ۸–۶ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم گزارش شده است. در تحقیقات اولیه که بر روی آزاد ماهیان صورت گرفت، حجم خون را در حدود ۳/۵–۳ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم گزارش کردند، اما تحقیقات اخیر نشان داد که حجم خون آن ها در حد ماهیان الاسمو برانش و بین ۵ تا بیش از ۷ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم است. حجم خون تن ماهیان زیاد بوده و بین ۸ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم در ماهی ۹ کیلویی تا ۱۳۳ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم در ماهی ۴/۵ کیلویی متغیر است. در ماهیان کوچک تر حجم خون حتی از این مقادیر هم بیشتر است. بعضی از محققان اشاره کرده اند که حجم خون در بین کل ماهیان به صورت

فیلوژنیک کاهش می یابد. ماهیان استخوانی عالی تر دارای دستگاه عروقی کاملتری هستند، به همین خاطر به خون کمتری برای انتقال اکسیژن و سایر مواد نیازمندند.

گلبول های قرمز بیشترین سلول های خونی هستند و در انتقال O_2 وCO_2 نقش دارند. گلبول قرمز پستانداران هسته ندارد اما سایر مهره داران از جمله ماهیها دارای هسته می باشد. گلبول قرمز در دهان گردان مدور و در سایر ماهیها بیضی شکل است . معدودی از ماهیها قطب جنوب و لارو برخی مارماهیها فاقد گلبول قرمز و هموگلوبین است. تولید سلولهای خون در ماهیان در مناطق مختلفی از بدن صورت می گیرد. گلبولهای قرمز در بیشتر ماهیان عمدتاً در کلیه و طحال تولید می شوند. معمولاً رأس کلیه مهمترین محل تولید آنهاست. بزرگترین قسمت بافت خونساز بدن در ماهیان بافت بینابینی یا لنفاوی(کلیه، طحال و تیموس که از اندامهای مشتق از آبشش است) می باشد. در اکثر ماهیان کبد در دوران جنینی وظیفه ساخت گلبولهای خونی را بر عهده دارد، اما زمانی که ماهیان بزرگتر شدند این عمل را بخش قدامی کلیه انجام می دهد. ولی در لامپری های بالغ سلولهای خونی از بافت چربی که در ناحیه پشتی و در نزدیک عصب پشتی قرار گرفته ساخته می شود. در ماهیان الاسموبرانش سلولهای خونی از اندام لایدیگ(در حلق و ابتدای مری) و همچنین اندام اپی گونال که در اطراف گنادها قرار دارد تولید می شوند. بخش دیگری که تولید گلبولها را بر عهده دارد طحال می باشد ولی بطور کلی در ماهیان استخوانی گلبولهای قرمز در بخش خلفی کلیه و گلبولهای سفید در طحال ساخته می شوند. در ضمن طحال اندامی برای از بین بردن گلبولهای قرمز است. تعداد گلبولهای قرمز بیشتر از گلبولهای سفید است. گلبولهای قرمز ماهیان متناسب با دوره زندگی آنها متفاوت می باشد بطوریکه در دوره لاروی تعداد آن زیاد می باشد ولی با افزایش رشد و سن از تعداد آنها در واحد حجم کاسته می شود ولی در فصل جفتگیری دوباره نعداد آن افزایش می یابد. خون کپورماهیان تیره تر از خون آزادماهیان است که دلیل آن بخاطر وجود تعداد بیشتر گلبول قرمز در خون کپورماهیان است. معمولاً حجم خون ماهیان نسبت به سایر مهره داران کمتر و در ماهیان استخوانی حدوداً بین ۲ تا ۴ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم است. بعضی از محققان، اشاره کرده اند که حجم خون در بین کل ماهیان بصورت فیلوژنیک کاهش می یابد. ماهیان استخوانی عالیتر دارای دستگاه عروقی کاملتری هستند بهمین خاطر به خون کمتری برای انتقال اکسیژن و سایر موارد نیاز دارند. گلبولهای قرمز ماهیان، هسته دار و معمولاً بیضی شکل است و فقط در تعداد محدودی از گونه ها بصورت تقریباً کروی دیده می شود. مثلاً در لامپریها گلبولهای قرمز کروویند. معمولاً ارتباط معکوسی بین اندازه و تعداد گلبولهای قرمز وجود دارد بطوریکه در کوسه ها و سپر ماهیان کمتر از نیم میلیون گلبول قرمز در هر میلی متر مکعب وجود دارد. با این وجود، در بعضی از گاوماهیان نیز تعداد گلبولهای قرمز در همین حدود است. درصد گلبولهای قرمز را در مقایسه با حجم کل خون، هماتوکریت می گویند. که با تعداد گلبولهای قرمز ارتباط نزدیک دارد. معمولاً در ماهیان الاسموبرانش میزان هماتوکریت کمتر از ۲۵٪ است اما در بیشتر ماهیان استخوانی بین ۱۰٪ تا ۳۰٪ می باشد. تعداد گلبولهای قرمز و در نتیجه میزان هماتوکریت و غلظت هموگلوبین بر حسب فصل، دما، وضعیت غذایی و بهداشت ماهی متفاوت است. گلبولهای سفید(لوکوسیتها) نسبت به گلبولهای قرمز از فراوانی کمتری برخوردارند و معمولاً تعداد آنها در بیشتر ماهیان کمتر از ۱۵۰۰۰۰ عدد در هر میلی متر مکعب خون است.

گلبول های سفید فراوانی کمتر نسبت به گلبولهای قرمز در ماهیان دارند و به کمتر از۱۵۰ هزار عدد در هر میلی متر مکعب خون می رسند. به دو دسته تقسیم می شوند:

الف) چند هسته‌ای (گرانولوسیت): فاگوسیتوز(بیگانه خواری)

در پستانداران گلبول های سفید چند هسته‌ای را به ۳ دسته تقسیم می کنند: ۱_ نوتروفیل ۲_ ائوزینوفیل ۳_ بازوفیل. در ماهی‌ها هم چندین نوع گلبول سفید چند هسته‌ای وجود داردکه به دلیل اختلافات فراوان آن ها در شکل و خصوصیات رنگ‌آمیزی این سلول ها در گونه‌های مختلف تاکنون هیچ گونه نام‌گذاری ثابتی برای گلبول های سفید چند هسته‌ای ماهی ها وجود نداشته است. اگر چه گلبول های سفید چند هسته‌ای ماهی‌ها را به ۳ دسته نوتروفیل، ائوزینوفیل و بازوفیل تقسیم می‌کنند که علت این تقسیم‌بندی هم شباهت های ریخت‌شناسی و

عملکردی گلبول های سفید چند هسته‌ای ماهی ها با پستانداران است. بسیاری از ماهی ها ۱، ۲ یا ۳ نوع گلبول سفید چند هسته‌ای دارند. بازوفیل ها به ندرت در ماهی‌ها دیده می‌شوند، ائوزینوفیل ها هم همیشه وجود ندارند، اما نوتروفیل ها در بیشتر گونه‌ها فراوانند.

نوتروفیل

نوتروفیل ها در ماهی‌ها بیشترین گلبولهای سفید چند هسته‌ای را تشکیل می‌دهند و اکثر ماهی‌ها دارای این نوع سلول می‌باشند. به استثناء ماهی بادکنکی (Puffers). رنگ پذیری نوتروفیل ها نسبت به رنگ رومانووسکی کم است و معمولاً هسته آنها کروی یا کلیوی شکل است و در بسیاری گونه‌ها، دانه‌های داخل سیتوپلاسمی کمی ائوزینوفیلی هستند (استثنا ماهی شانک (sea bream) که شدیداً بازوفیلی است)، در نتیجه برای تشخیص عملی نوتروفیل ها از بازوفیل ها به رنگ‌آمیزی دقیق تری احتیاج داریم (۱).

وظیفه نوتروفیل‌ها دفاع بر علیه عفونت های باکتریایی است و این سلول‌ها قدرت حرکت زیادی را به سمت نواحی عفونی دارند. در حالت طبیعی تعداد زیادی از این سلول‌ها در بافت‌های لنفاوی کلیه برای فوریت‌های ویژه ذخیره می‌گردند که در اثر تحریکات التهابی این سلولها از راه جریان خون به نواحی آسیب دیده نفوذ می‌کنند. بنابراین نفوذ نوترفیل ها در بسیاری از بیماری های عفونی در مرحله حاد التهاب رخ می‌دهد. در واقع این سلول ها از راه اندوسیتوز به باکتریها حمله می‌کنند و باکتری توسط فاگوزوم های داخل آنها کشته و هضم می‌شود. آنزیمهای داخل دانه‌های سیتوپلاسم مثل پراکسیداز، اسید فسفاتاز و استرازهای غیراختصاصی به داخل فاگوزوم‌ها رها شده و اساس عملشان بر هضم و جذب باکتری ها و عوامل بیگانه است.

منشأ اصلی نوتروفیل های ماهی به احتمال زیاد بافت خون ساز کلیه است و همین طور طحال هم ممکن است نقش کمی داشته باشد. میزان نوتروفیل ها در ماهی ها مشابه میزان آنها در پستانداران است. مدت زمانی زندگی آن هاو جایگزینی مجدد آنها در خون حدود ۵ روز است که مشابه پستانداران است.

بازوفیل

با دانه‌های بزرگ، هسته بسیار رنگ پذیر و کناری قابل تشخیصند. این نوع سلول ها در کپور ماهی‌ها و بادکنک ماهی‌ها دیده می‌شوند، در ماهی بادکنکی گونه (*Takifugu vermicularis*) تعدادشان حدود ۱۴۰۰۰۰ در هر mm3 خون است.

جمعیت بازوفیل ها تحت اثر هورمو ن های مترشحه آدرنال است و تعدادشان به ندرت بیشتر از ۱٪ لکوسیت‌های کل ماهی را تشکیل می‌دهد. در مقایسه با ماست سل‌ها حاوی هیستامین هستند. تاکنون مشاهده نشده که بازوفیل ها در هیچ یک از مکان های دفاعی شناخته شده نقش داشته باشند .

ائوزینوفیل

این سلول ها که در پستانداران چیزی حدود ۳٪-۱ لکوسیت‌های خون را تشکیل می‌دهند و عمدتاً نقش آنها شرکت در واکنش های دفاعی است، که این کار را از راه فاگوسیتوز کردن کمپلکس‌های Ag-Ab انجام می‌دهند. نقش مهمی را در حفظ عمل هموئوستاز در خلال عفونت دارند و در بیماری های انگلی هم افزایش پیدا می‌کنند. ائوزفیوفیل ها حاوی دانه های ائوزینوفیلی هستند که با رنگ های ائوزینوفیلی رنگ می‌شوند. در بیشتر مقالاتی که در مورد کپور ماهی ها منتشر شده این سلول ها با بازوفیل ها اشتباه شده‌اند. عموماً در خون ماهی ها نادر هستند و بیشتر یافته‌های ائوزینوفیل های ماهی ها بر می‌گردد به سلول های گرانولی ائوزینوفیلیک که در پوست، بافت خون و بافت گوارشی یافت شده‌اند، که این ها هم عمدتاً با سلول های واقعی ائوزینوفیل خون متفاوتند. ائوزینوفیل های ماهی ها در واکنش های التهابی و برخی فعالیت‌های فاگوسیتوزی حضور دارند، مثلاً در ماهی طلایی (goldfish) و (Guppied) (ماهی آبنوس) گزارش شده‌اند.

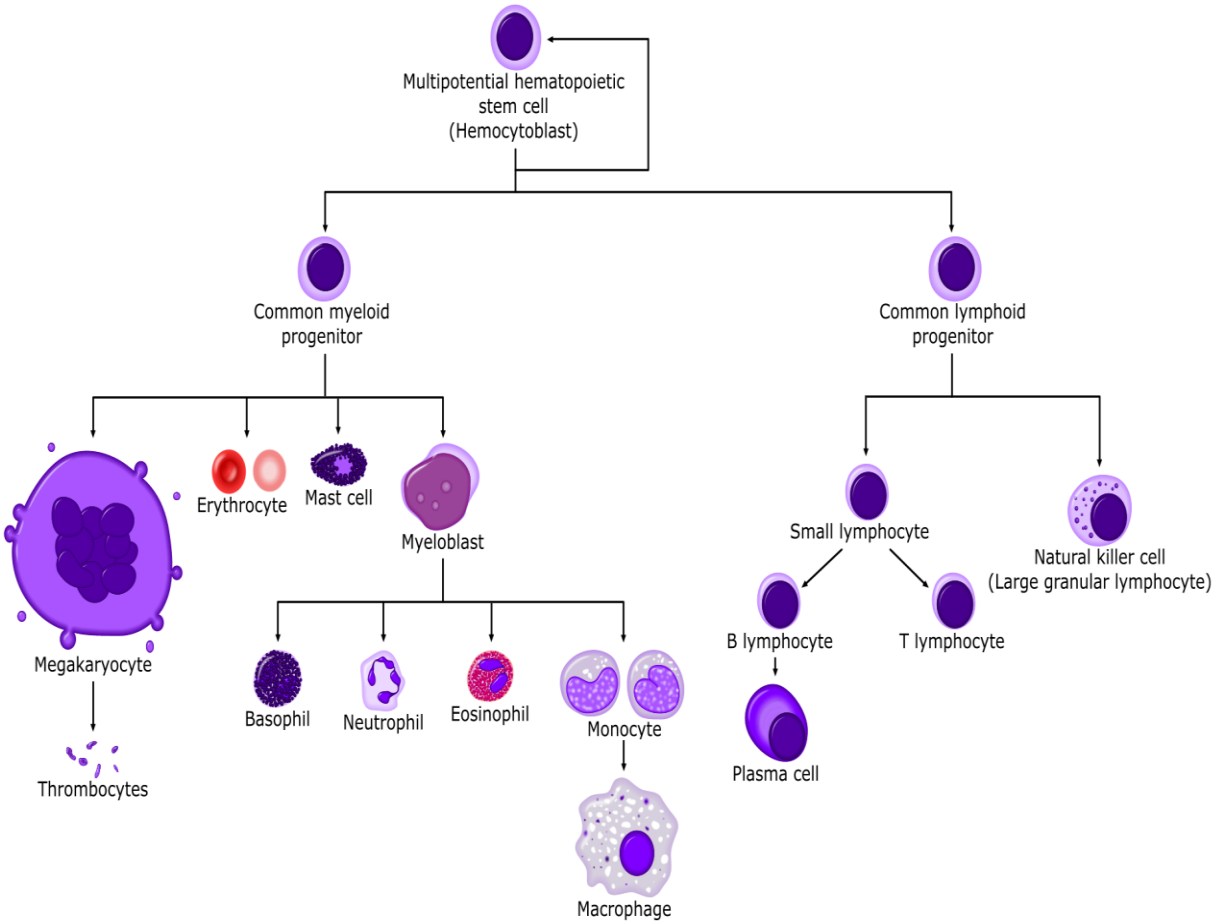
ب) تک هسته‌ای :

۱- مونوسیت (عمل فاگوسیتوز را انجام می دهد و بزرگترین و بی شکل ترین سلول های خونی هستند).

۲- لنفوسیت (تولید آنتی بادی یا ایمن سازی بدن را انجام می دهد).

آنتی ژن(پادگن) به مواد شیمیایی یا سلولی گفته می شود که اگر وارد بدن شوند، سبب بروز عکس العمل سیستم ایمنی می شود. آنتی بادی (آنتی کور، پادتن) به ماده ای می گویند که بدن بر علیه آنتی ژن می سازد.

پلاکت ها(ترومبوسیت ها) سبب لخته شدن خون در محل جراحت می شوند.

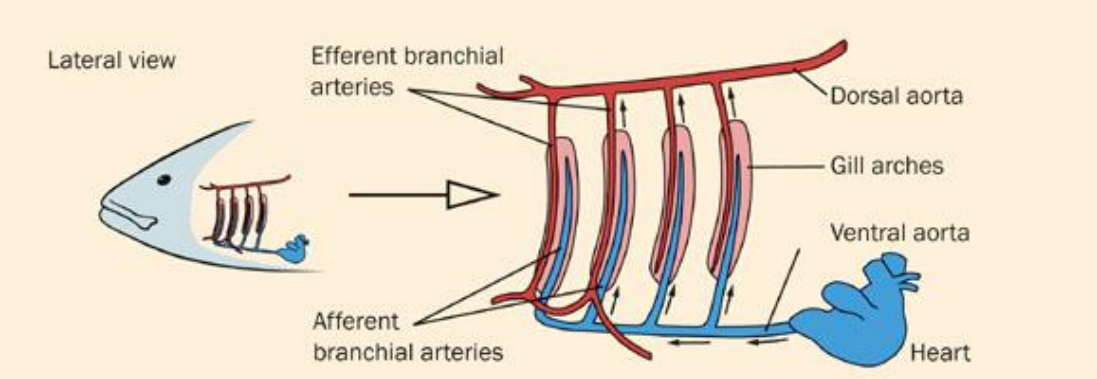


چرخه خون :

انقباض بطن = انتقال خون از طریق شریان آوران(Afferent) آبششی به هر کمان آبششی = تبادلات گازی در آبشش = خون پر اکسیژن از طریق شریان وابران(Efferent) آبششی = آئورت پشتی (خون روشن) = به تمام بدن = خون سیاهرگی جمع شده از کل بدن = مجرای کوویه (مجرای افقی کوتاه) = سینوس وریدی قلب = دهلیز = بطن .

از آئورت پشتی انشعاباتی از خون روشن به تمام بدن می رسد. خون به وسیله شریان های ساب کلاوین (Subclavian) و ایلیاک (iliac)به اندام های حرکتی می رسد . اعماء و احشاء هم شریان های کولیک (Coeliac) و مزنتریک (Mesenteric) را دریافت می کنند.

خون تیره بخش خلفی بدن ابتدا در کلیه به صورت شبکه کلیوی در می آید، بعد به ورید عقبی (cardinal vein Posterior) و ازآن طریق به مجرای کویه می ریزد ، ولی خون تیره دستگاه گوارش و طحال ابتدا وارد کبد شده و تشکیل شبکه کبدی می دهد؛ سپس مستقیما به سینوس وریدی می ریزد.



سیستم لنفاوی :

لنف توسط چهار رگ اصلی لنفی (دوپهلویی ، یک پشتی و یک شکمی) جمع آوری شده ، به سینوس لنفی و در انتها به مجرای کوویه می ریزد. اغلب ماهیان دارای قلب لنفی در زیر آخرین مهره ستون مهره ها و روی صفحه Hypural هستند . کوسه ها قلب لنفی ندارند . در مار ماهی و اردک ماهی ، قلب لنفی نزدیک سینوس لنفی (جلوی بدن) قرار دارد . انقباض قلب لنفی سبب ورود لنف به ورید دمی و سیستم گردش خون می شود.

هموسیتوبلاست ها پیش ساز گلبولهای سفید و قرمز بوده و بلوغ سلولهای خونی عمدتا پس از ورود به جریان خون صورت می گیرد. ماهیها مغز قرمز استخوان ندارند لذا در ماهیان مختلف تولید سلول های خونی در اندام های متفاوتی صورت می گیرد:

هگ فیش: پوشش مزودرمی دستگاه گوارش
لامپری : بافت چربی پشت طناب عصبی
ماهیان غضروفی: اندام لیدیگ در جدار مری، اندام اپی گنال ، طحال و کلیه
ماهیان خاویاری: کلیه، طحال و بافت لنفوئید در جمجمه و اطراف قلب
ماهیان استخوانی: اساسا کلیه و بعد طحال

تیموس یکی از مهمترین بافتهای لنفوئیدی در مراحل جوانی است که در مرحله بلوغ تحلیل می رود.

کلیه در ماهی ، عمل خون سازی(ساخت سلول های خونی) را انجام می دهد. دسته ای از لنفوسیت ها در غده تیموس و دسته ای دیگر از لنفوسیت ها در کلیه بالغ می شوند . ماهیها بر خلاف پستان داران، گره لنفاوی ندارند و جایی که گلبول های سفید ، ذرات خارجی را به دام می اندازند در طحال یا کلیه است . طحال حجم خون را کنترل می کند . زمانی که ماهی آرام است (در حالت عادی) ، تعداد گلبول

های قرمز در خون کم وسلول های خونی ذخیره ای در طحال بسیار زیاد است ، اما وقتی که ماهی در حال فعالیت یا استرس باشد، گلبول های قرمز خون زیاد می شوند زیرا از طحال به داخل خون آزاد می شوند.

مهاجرت در ماهیان(Fish Migration)

یکسری از مهاجرتهای ماهیان بصورت روزانه و اغلب توسط ماهیان پلاژیک مانند فانوس ماهیان انجام می شود که به لایه های بالایی و پایین آب مهاجرت می کنند که مهمترین عامل این مهاجرتهای روزانه در آنها تغذیه می باشد. که بهترین شرایط نوری برای تغذیه این ماهیان قبل از طلوع و قبل از غروب آفتاب(رزیم نوری انتقالی) می باشد. همچنین با نزدیک شدن فعالیت های تولیدمثلی و یا در اثر تغذیه و یا بهم خوردن و تغییر شرایط محیطی و برطرف کردن انگل های خارجی، مهاجرتهایی در ماهیان صورت می گیرد، این نوع مهاجرتها هم در دریا و هم رودخانه ها و هم با تغییرمکان بین این دو ناحیه انجام می گیرد. مهاجرتهای ماهیان سه دسته هستند:

دیادروموس(Diadromous): این ماهیان مهاجران حقیقی بین دریا و آب شیرین هستند که به سه زیرگروه شامل:

الف) ماهیان رودرو(Anadromous): محل زیست این ماهیان در دریا بوده وجهت تولیدمثل به رودخانه مهاجرت می کنند به آنها Upstream گویند. مانند آزادماهیان و ماهیان خاویاری و ماهی سفید دریای خزر و ماهی صبور در جنوب که جهت تخم ریزی وارد رودخانه کارون می شود.

ب)ماهیان دریارو(Katadromous): ماهیانی هستند که در رودخانه زیست نموده و جهت تخمریزی به دریا مهاجرت می کنند به آنها Downstream گویند مانند مارماهی مهاجر(*Anguilla Anguilla*) که ۳۰۰۰ کیلومتر مسیر را طی کرده و به دریای سارگاسو مهاجرت می کند این ماهی پس از تخم ریزی می میرد.

ج) Amphidromous: این ماهیان در آب شور و یا شیرین زندگی می کنند و بین دو محیط در رفت و آمد هستند و هدف آنها تولیدمثل نبوده بلکه جهت تغذیه و یا برآوردن سایر نیازهای زیستی این مهاجرتها را انجام می دهند مانند گاوماهیان و کوسه Bull Shark(*Carcharhinus leucas*)

۲- پوتامودروموس(Potamodromous): ماهیانی که دارای این نوع مهاجرت هستند در آب شیرین زندگی می کنند و در همان جا از قسمت پایین دست و بالادست رودخانه مهاجرت انجام می دهند مثل قزل آلای رنگین کمان

اوشینودرموس(Oceanodromous): این ماهیان در دریا زیست نموده و در خود دریا مهاجرتهایی را به سمت آبهای آزاد و یا ساحلی انجام می دهند مثل کفال ماهیان، شگ ماهیان مانند هرینگ(*Clupea harengus*)، ماهیان تن، گیش ماهیان، ماهی زالون در شمال