علم الأسماك

الأسماك: هي حيوانات فقرية من ذوات الدم البارد تعيش في المياه وتتحرك بواسطة الزعانف ويغطي جسمها القشور (الحراشف) Scales وتحصل على الأُوكسجين من الماء بواسطة أعضاء متخصصة تسمى الخياشيم. تفتقر إلى الوسائل التي تمكنها من السيطرة على درجة حرارة أجسامها وتعتمد كلياً على الماء في معيشتها وتعتبر من أكثر الفقريات عدداً مقارنةً بالفقريات الأُخرى وتختلف أنواع الأسماك في أشكالها وأحجامها وألوانها وتغذيتها ومعظمها تكون مغزلية الشكل.

يوجد في الوقت الحاضر ما يزيد عن 40 ألف نوع من الأسماك ، وتختلف هذه الأسماك في الحجم منها الكبيرة والصغيرة وتختلف بالشكل فمنها القصيرة والطويلة والممتلئة والنحيفة ومنها ما يملك الأسنان أو بدونها ومنها ما يملك الزوائد اللحمية قرب الفم أو بدونها وأكثرها تغطيها الحراشف ومنها ما هو أملس أو يحوي حراشف حادة تختلف أماكن معيشتها في البيئة المائية فمنها ما يقضي حياته قرب القعر والآخر قرب السطح والآخر بين وبين ومنها ما هو بحري والبعض الآخر يعيش في بيئة المياه العذبة ويمكن القول أن الأسماك تتكيف للمعيشة في مختلف البيئات.

أين تعيش الأسماك:

إن ما يزيد عن 70% من مساحة الكرة الأرضية (أي ما يقارب 141 ميلاً مربعاً) مغطاة بالمياه، تعيش الأسماك في هذه المياه سواءً كانت مياه باردة تصل درجة حرارتها إلى الانجماد أو كانت مياه ينابيع حارة تصل درجة حرارتها إلى40 °م. ويمكن للأسماك أن تعيش في المياه العذبة وفي المياه المالحة التي تصل ملوحتها إلى أكثر من 40 جزءاً بالألف. وتوجد الأسماك في المياه الجبلية وفي أعماق البحار والمحيطات المظلمة التي لم يتمكن الإنسان من اكتشافها لحد الأن. بعض الأسماك تفضل العيش في المسطحات المائية ذات القعر الرملي أو الطيني. كما أن بعض الأسماك تعيش في الكهوف.

علم دراسة الأسماك:

هناك عدة علوم متخصصة في دراسة الأسماك أهمها:

1. **علم الأسماك (Ichthyology):** هو أحد فروع علوم الحياة (Biology) وتكون مادته هي الأسماك ككائن حي وعلاقتها بالظروف الحيوية والبيئية المحيطة بها ويرتبط هذا العلم بعلم الحيوان (Zoology) والذي يعتبر جزءاً منه.
2. **علم الأحياء المائية (Hydrobiology):** يهتم هذا العلم بدراسة الأحياء المائية ومن ضمنها الأسماك وتكوّن الأحياء المائية الأخرى سلسلة الحياة في الماء التي تعتمد عليها الأسماك في غذائها ومعيشتها وتنظيم بيئتها.
3. **علم الماء (Hydrology):** يُعنى هذا العلم بدراسة الماء وخصائصه الكيميائية والفيزيائية والحيوية. وباعتبار الماء هو الوسط الذي تعيش فيه الأسماك فلا ريب بوجود علاقة بين علم الماء والأسماك.
4. **علم التشريح المقارن (Comparative anatomy):** إن هذا العلم يدرس بالوسائل التشريحية العلاقة التطورية بين الفقريات ويأخذ تشريح الأسماك جانباً منها.

أما أهم العلوم المتفرعة من دراسة علم الأسماك (Ichthyology) والتي تختص بجوانب معينة من حياتها فهي:

1. علم تصنيف الأسماك: ويقصد بذلك تقسيم المجاميع السمكية إلى رتب وعوائل وأجناس وأنواع وذلك لتسهيل دراستها ومعرفتها.
2. علم تشريح الأسماك: ويتضمن دراسة تركيب جسم السمكة الداخلي والخارجي.
3. علم الوراثة والتطور: ويشمل دراسة الخصائص الوراثية للأسماك وطريقة تحسين الأنواع بالانتخاب وإحداث الطفرات الوراثية الجيدة.
4. علم البيئة والتاريخ الطبيعي: ويتضمن هذا العلم دراسة التداخل بين السمكة وبيئتها وطرق معيشتها وتأثير العوامل البيئية على حياتها ونموها وتكاثرها وهجرتها.
5. علم وظائف الأعضاء والكيمياء الحياتية (Biochemistry): يهتم هذا العلم بدراسة وظائف أعضاء وأجهزة جسم السمكة المختلفة فضلاً عن دراسة الأفعال الحيوية المختلفة للسمكة وتأثير البيئة عليها وعلى مقاومتها.

6. علم تربية الأسماك: ويتضمن دراسة الأسماك تحت ظروف مسيطر عليها ويعنى هذا الفرع بنمو السمكة وتغذيتها وتكاثرها والغرض منه اقتصادي على الأغلب للحصول على إنتاج عالٍ في أقل مدة ممكنة وبأرخص التكاليف.

مزايا ومميزات الأسماك:

1. تعتبر الأسماك مصدراً بروتينياً مهماً في غذاء الإنسان وذات قيمة غذائية عالية لاحتوائها على الأحماض الأمينية والمعادن الرئيسية في تغذية الإنسان والفيتامينات والأحماض الدهنية غير المشبعة الأساسية فضلاً عن أن الأسماك تسد أكثر من 50% من المتطلب اليومي للبروتين في العالم وتعد مصدر للغذاء في الدول الفقيرة لرخص ثمنها.
2. تعرف الأسماك بأنها من ذوات الدم البارد Ecto thermic animals أي أن درجة حرارة أجسامها غير ثابتة وتتغير حسب درجة حرارة المحيط الذي تعيش فيه فلا تحتاج إلى طاقة للمحافظة على حرارة أجسامها كما هو الحال في حيوانات ذوات الدم الحار Endo thermic animals. لكون الأسماك تعيش في المياه فهي لا تحتاج إلى طاقة لإسناد جسمها حيث إن الوسط الذي تعيش فيه يقوم بهذه المهمة في عملية تسهيل طفوها في المياه.
3. تتفوق الأسماك على الحيوانات الزراعية في تحويل الطاقة الممثلة من البروتين الغذائي بكفاءة أعلى وكما مبين ادناه

الأسماك ←——— الطاقة الممثلة = 30 – 40 ميكا سعرة/غم بروتين.
الدواجن ←——— الطاقة الممثلة = 15 ميكا سعرة/غم بروتين.
الأبقار ←——— الطاقة الممثلة = 2 ميكا سعرة/غم بروتين.

4. وكذلك تتفوق الأسماك عن بقية الحيوانات الزراعية في كفاءة التحويل الغذائي إذ تبلغ:

كمية العلف المستهلك : الزيادة الوزنية
الأسماك ←——— 1 :1.5
الدواجن ←——— 1: 2.5
الأبقار ←——— 1: 10

5. تستغل الأراضي غير الصالحة للإنتاج الزراعي، مثل الأراضي ذات الترب الطينية والموحلة والوديان كما تزدهر مشاريع تربية الأسماك في المياه المويلحة Brackish water والمستنقعات التي لا تصلح للزراعة.
6. تعتمد تغذية الأسماك على أنواع مختلفة من الأغذية النباتية والحيوانية ويمكن تنظيم إنتاجها حسب متطلبات السوق، وساعد التطور العلمي في تحسين صفات الأسماك من خلال إنتاج أعداد كبيرة من صغار الأسماك لأغراض تجارية عن طريق التلقيح الاصطناعي.

تصنيف الأسماك:

أولاً : التقسيم الطبيعي:

1- تبعاً للتغذية:

أ- الأسماك التي تتغذى على المصادر الحيوانية(آكلة اللحوم) مثل القرش.

ب- الأسماك التي تتغذى على المصادر النباتية(آكلة العشب) مثل الكارب العشبي.

جـ- أسماك ثنائية التغذية أي تعتمد على أغذية ذات أصل نباتي وحيواني مثل سمكة الكارب الشائع.

2- تبعاً للهجرة:

أ- أسماك غير مهاجرة (مستوطنة) مثل البلطي.

ب- أسماك مهاجرة وتشمل:

1- مهاجرة للتغذية مثل السردين.

2- مهاجرة للتكاثر مثل الدنيس والسلمون.

3- تبعاً لملوحة المياه:

أ- أسماك مياه مالحة مثل سمكة موسى.

ب- أسماك مياه عذبة مثل البلطي والكارب.

جـ- أسماك مياه شروب (مويلحة او قليلة الملوحة) Brackish water مثل البوري.

4- تبعاً لدرجة الحرارة:

أ- أسماك مياه دافئة مثل البلطي والكارب.

ب- أسماك مياه باردة مثل السلمون.

5- تبعاً للمعيشة في عمود المياه :

أ- أسماك ذات معيشة سطحية مثل السردين.

ب- أسماك ذات معيشة قاعية مثل سمكة موسى أو الكارا Gara ruffa.

جـ- أسماك تشغل عمود المياه مثل البوري.

6- تبعاً لطريقة التكاثر:

أ- أسماك ولودة مثل القرش.

ب- أسماك بيوضة مثل الدنيس.

جـ- أسماك مزدوجة مثل أسماك الزينة.

7- تبعاً للقيمة الاقتصادية:

أ- أسماك ذات قيمة اقتصادية مرتفعة مثل الدنيس والكارب .

ب- أسماك ذات قيمة اقتصادية متوسطة مثل البلطي .

جـ- أسماك ذات قيمة اقتصادية منخفضة مثل سمكة الخشني والبلعوط الملوكي.

8- تبعاً لشكل الجسم:

أ- الجسم انسيابي مغزلي مثل التونة.

ب- الجسم مضغوط من الجانبين مثل سمكة الشمس والزبيدي.

جـ- الجسم مضغوط من الأعلى والأسفل كأسماك القوابع مثل الراعد.

د- الجسم سهمي مثل الكراكي.

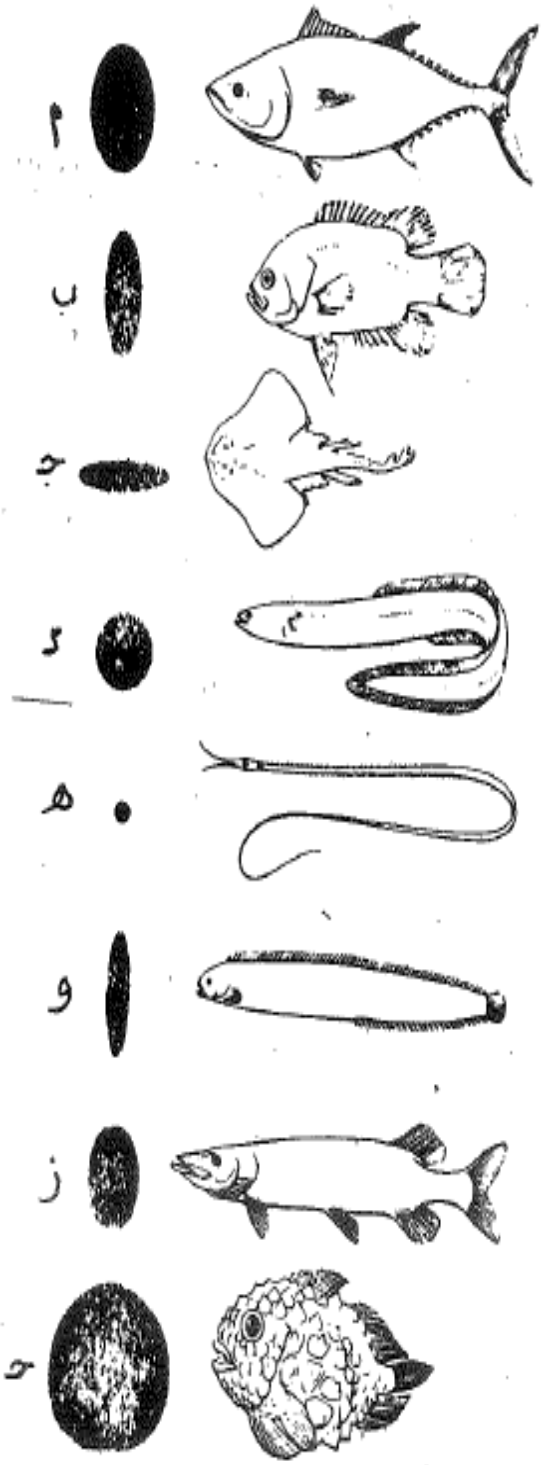
هـ- الجسم كروي مثل الساقر المكتنز والسمكة النفاخة.

و- الجسم متطاول ثعباني اسطواني (الأنقليسي) مثل الأنقليس.

ز- الجسم شريطي مثل الغنل وملك الرنجة.

ح- الجسم خيطي مثل أنقليس الشنقب.

ط- الجسم غير منتظم مثل سمكة التنين.



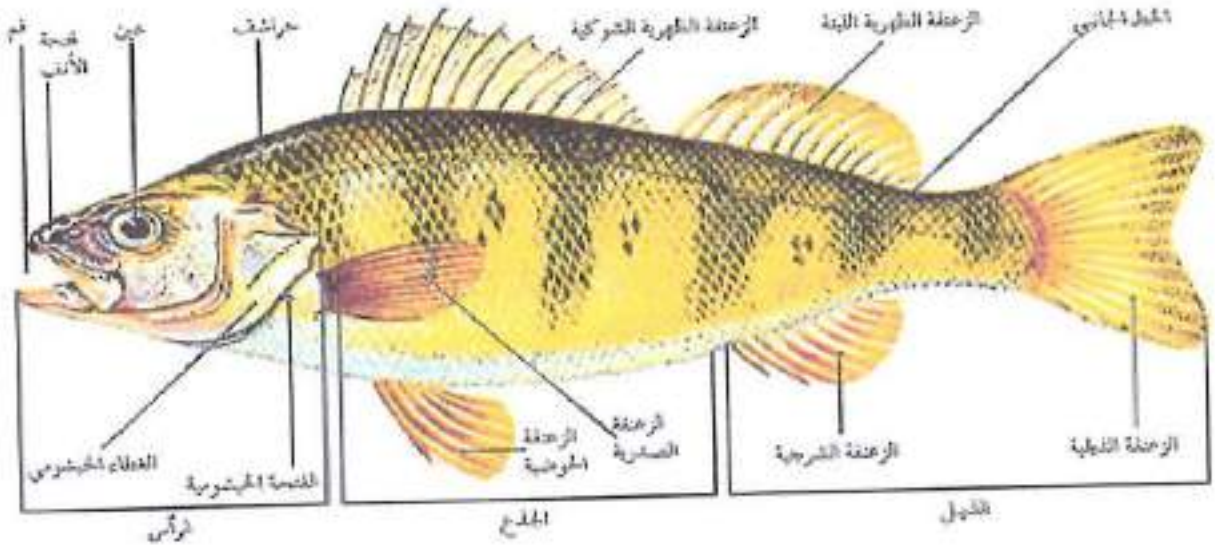
(أ) الشكل المغزلي (سمكة التونة، عائلة الاسقمريات)
(ب) الشكل المضغوط من الجانبين (سمكة الشمس، عائلة مقوسة الوسط)
(ج) الشكل المضغوط من الأعلى والأسفل (القوابع، عائلة القوبعيات)
(د) الشكل الأنقليسي (الأنقليس، عائلة الانقليسيات)
(هـ) الشكل الخيطي (أنقليس الشنقب، عائلة الأسماك الخيطية)
(و) الشكل الشريطي (سمكة الغنل، عائلة الأسماك الحرشفية)
(ز) الشكل السهمي (الكراكي، عائلة أسماك الكراكي)
(ح) الشكل الكروي (الساقر المكتنز، عائلة مستديرة الزعانف)

الشكل (1) يوضح أشكال مختلفة للأسماك

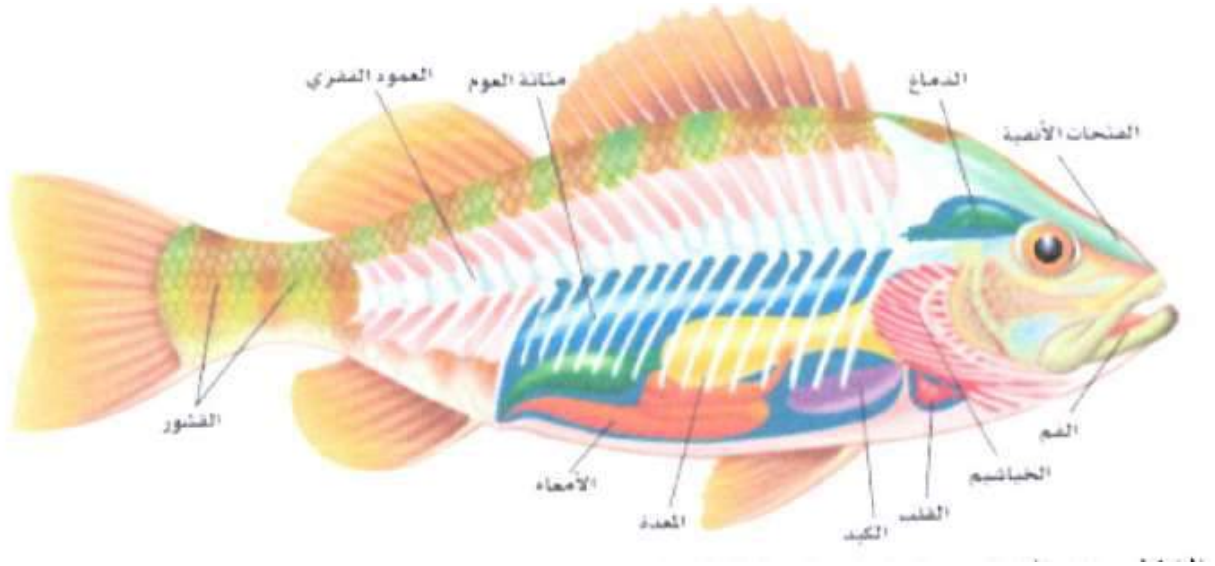
المظهر الخارجي للأسماك:

يتصف المظهر الخارجي للسمكة بكونه انسيابي الشكل مضغوط الجانبين لتسهيل الحركة صعوداً و نزولاً داخل الماء ، ويكون هيئة جسم السمكة زورقي بصورة عامة ومن ضمنها الرأس لأن السمكة بدون رقبة

تفصله عن الجسم ، لذا يكون الجسم عادة ذا طول أكثر من عرضه وأن أعرض نقطة من الجسم تقع قرب الزعنفة الظهرية ، ويكون الذيل مسطحاً حتى يسمح للتحرك بسهولة كما في الشكل (2).



الشكل (2) يوضح الشكل الخارجي لسمكة التراوت trout العظمية



الشكل(3) يوضح التركيب الداخلي لسمكة البلطي tilapia العظمية

وقد يشذ عن الهيئة بعض الأنواع التالية:

1- أسماك مسطحة من الأعلى والأسفل كأسماك اللخمة.
2- أسماك مضغوطة من الجانبين كأسماك موسى والمزلك.
3- أسماك مضغوطة وطويلة الجسم كأسماك السيف الفضي.
4- أسماك يكون الرأس أكبر من بقية أجزاء الجسم كأسماك الري وبعض أسماك المياه العميقة.
5- أسماك ذات أشكال مختلفة عن بقية الأسماك كأسماك فرس البحر.

إن الشكل المعتاد للأسماك هو الشكل المغزلي الانسيابي ذو المقطع العرضي الإهليجي الذي يسهل من سرعة السمكة في السباحة كما في أسماك التونة مثل عائلة الأسقمريات متمثلاً بالشكل الانسيابي المثالي حيث يكون أكبر مقطع عرضي للجسم بمقدار 36% من طول الجسم ويتجه الجسم برشاقة نحو الذنب لكن تحيد بعض أنواع الأسماك عن الشكل المغزلي المثالي جزئياً أو كلياً كما في الشكل الكروي المتمثل في أسماك الفهقة من عائلة الأسماك الكروية وشكل الأُفعواني المتموج والذي يطلق عليه بالشكل الأنقليسي كما في عائلة الأنقليسات وهنالك الشكل الخيطي مثل أسماك أنقليس الشنقب التي تعود إلى عائلة الأسماك الخيطية فضلاً عن أشكال أخرى مثل الشريطي والسهمي والأسماك المضغوطة بشدة من الجوانب مثل أسماك الشمس من عائلة مقوسة الوسط ويوجد أنواع أخرى تكون مضغوطة من الأعلى والأسفل ومن أمثلتها القوابع العائدة إلى عائلة القوبعيات الموضحة في الشكل (1). فضلاً عن بعض الأسماك التي تشذ عنها مثل أسماك فرس البحر العائد إلى عائلة ملتحمة الفك وسمكة البلهد البني العائدة إلى عائلة جري أمريكا الشمالية والتي يكون رأسها مضغوطاً من الأعلى والأسفل وجسمها دائري وسويقة الذنب تكون مضغوطة من الجانبين الموضحة بالشكل (4).

الشكل (4) الشذوذ عن الحالات الاعتيادية للأسماك

أ. سمكة حصان البحر

ب. سمكة البلهد البني

التشريح الداخلي للسمكة

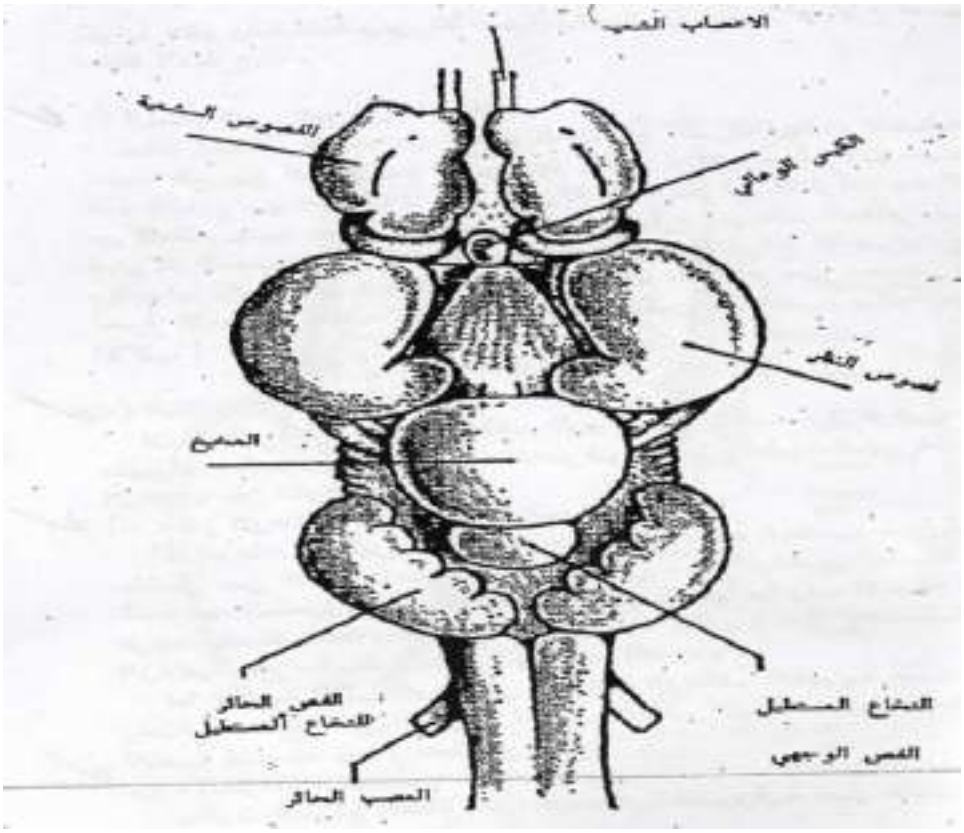
الجهاز العصبي Nervous system:

إن الجهاز العصبي موجود في الأسماك ولكنه يكون بدائي وغير متخصص ويتكون من ثلاثة أقسام رئيسية هي: المخ والنخاع الشوكي والأعصاب.

أولاً:- المخ في الأسماك عبارة عن انتفاخ في الجزء الأمامي في النخاع الشوكي يقع في قحف الجمجمة ويتألف من:

المخ الأمامي Fore-Brain: يتكون من فصوص الشم ويكون متخصصاً لاستقبال وإيصال الحوافز الشمية ويعتمد حجمها على دور حاسة الشم في التغذية للسمكة فالأسماك التي تعتمد على الشم في البحث عن غذائها يكون المخ الأمامي فيها كبير نسبياً.

المخ الوسطيMid-Brain: يتكون من فصوص النظر وهما كبيرا الحجم، من الجهة البطنية وأمام الغدة الصنوبرية يعبر العصبان البصريان بعضهما البعض فيمر العصب الأيمن للعين اليسرى ويمر العصب الأيسر للعين اليمنى. أما وظيفة الفص البصري لا تقتصر على الوظيفة البصرية بل تعمل على ايصال الايعازات الحسية للمستلمات الحركية كما له وظائف تتعلق بالتعلم.



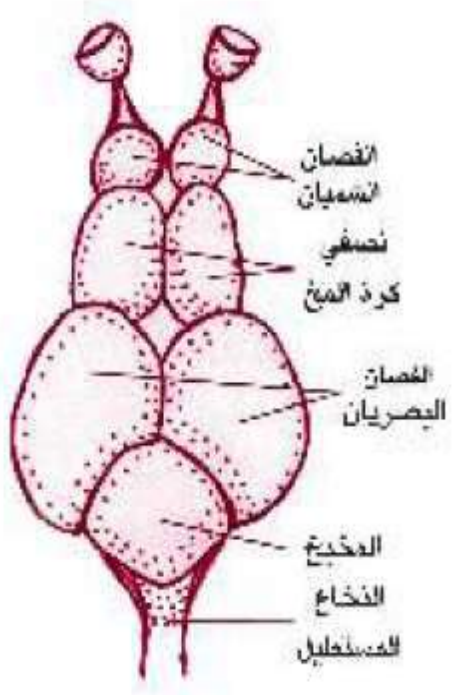
الشكل (46) أجزاء المخ

المخ الخلفي Hind- Brain:

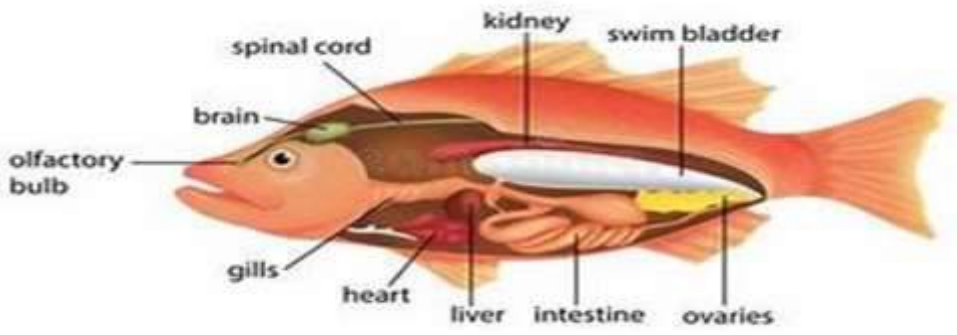
يتكون من المخيخ والنخاع المستطيل وفصوص السمع ، يعمل المخيخ على السيطرة وتوازن السمكة أثناء السباحة وتوجيه حركتها ويحافظ على توتر العضلات. والنخاع المستطيل يحتوي على مركز السيطرة على الوظائف اللاإرادية مثل وظائف الاحشاء. أما النخاع الشوكي فيحتوي على منطقة وسطية من مادة رمادية تتكون من خلايا عصبية محاطة بمادة بيضاء هي عبارة عن ألياف عصبية وتكون متصلة مع بعضها على شكل حزام حسب وظيفتها وطريقة اتصالها. أما المنطقة الرمادية من النخاع الشوكي فتقع القناة الوسطية التي تشبه الحرف (x) بوجود قرون أمامية وخلفية حيث تستقبل القرون الخلفية الألياف الحسية القادمة من الأحشاء والجسم ، أما القرون الأمامية فتسيطر على الحركة لاحتوائها على مراكز عصبية تتصل بالجهاز العضلي.

تمتد الأعصاب من المخ والحبل الشوكي لكل جزء من أجزاء الجسم وتقسم إلى قسمين:

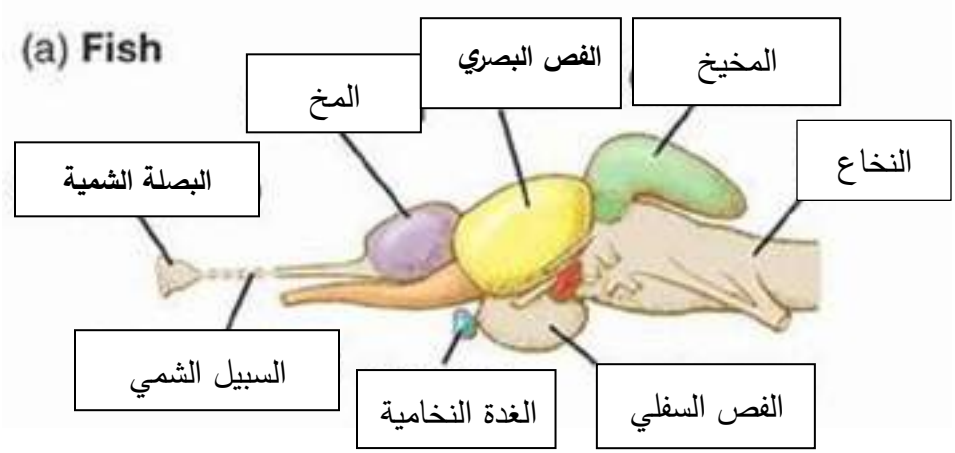
الأول هي أعصاب حسية تحمل الايعازات من الأعصاب الحسية إلى الحبل الشوكي والمخ أي تستقبل الحوافز الخارجية المختلفة وتوصلها إلى الدماغ والثاني أعصاب حركية تحمل الايعازات من المخ والحبل الشوكي إلى العضلات أي ترسل الأوامر من الدماغ للرد على تلك الحوافز.



الشكل (47) الدماغ في السمكة العظمية



الشكل (48) موقع الدماغ في السمكة العظمية



الشكل (49) الجهاز العصبي للسمكة

الأعضاء الحسية في الأسماك

يستلم الجسم المحفزات الفيزيائية والكيميائية من البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي عن طريق مستقبلات خاصة تدعى بأعضاء الحس. وأهم أعضاء الحس في الأسماك ما يأتي:

1- العين: وهي مركز حاسة البصر وتركيبها الأساسي يتشابه في معظم الحيوانات الفقرية. ولعل من أهم الصفات المشتركة للعين هو انفصال كرة العين ووجود القرنية الشفافة (Cornea) والقزحية (iris) والعدسة الدائرية (Spheroid lens) والتي تدعى أحياناً بالعدسة الزجاجية والقلنسوة المتصلبة التي تحتوي على السائل الزجاجي فضلاً عن وجود ثلاثة أزواج من العضلات المحركة للعين. إن عيون الأسماك عديمة الأجفان فيما عدا بعض أنواع الكواسج التي تحتوي عيونها على أغشية رامشة، وهناك بعض الأسماك العظمية لها أجفان ثابتة دهنية وتعمل هذه الأجفان على تنظيف سطح القرنية وحماية العين.

تتكون العين في الأسماك كما يبين الشكل (50) من ثلاث طبقات تحيط بداخلها العدسة والسائل الزجاجي وهي كالآتي:

الطبقة الأولى:

وهي عبارة عن غشاء العين الخارجي الصلب وتتكون من نسيج رابط كثيف يصبح شفافا في مقدمة العين مكوناً القرنية ، أما في الجزء الخلفي من هذه الطبقة فتوجد فتحة لدخول العصب البصري وتعمل هذه الطبقة على حماية العين من المخاطر التعرض للبيئة الخارجية.

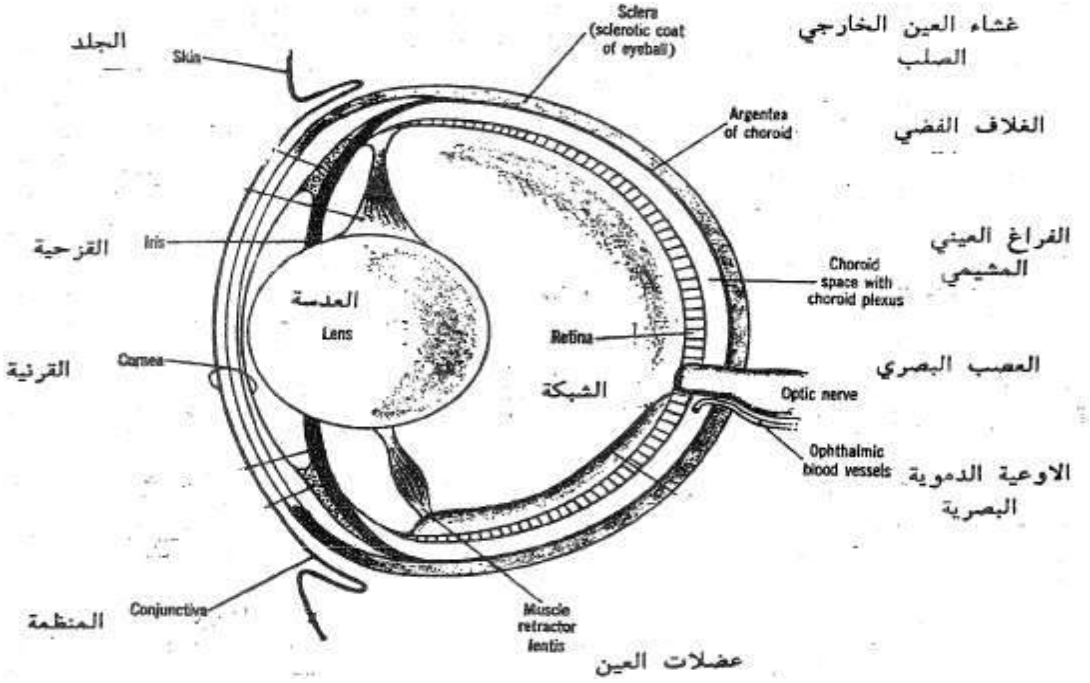
الطبقة الثانية:

وتدعى بالفراغ العيني المشيمي (Choroid space) وتحتوي هذه الطبقة على شبكة من الأوعية الدموية والأعصاب ويغلف هذه الطبقة الغلاف الفضي (Argentea of choroid) أما الجزء الأمامي من هذه الطبقة فمتحور إلى غلاف من عدة طبقات غني بالخلايا الصبغية يدعى بالقزحية وتعمل هذه الطبقة على تغذية العين بالدم.

الطبقة الثالثة:

وهي الشبكية التي تكون قاع العين وتقع فيها نهاية العصب البصري على شكل عصيبات صغيرة تعتبر مستقبلات للمؤثرات الضوئية. يحدث النظر خلال تفاعلات كيميائية تحدث على الموجات الضوئية في الخلايا الصبغية الحساسة للضوء في شبكية العين حيث تتحول هذه التغيرات الكيمياوية إلى موجات كهربائية يمكن للشبكية ان تلتقطها من خلال عمليات معقدة غير معروفة كلياً. وتتحول هذه الموجات إلى إشارات تغادر العين من خلال العصب البصري إلى الدماغ.

إن غالبية الأسماك تعتمد على النظر للحصول على غذائها وفي استلام الايعازات من الدماغ بالبدء بعملية التكاثر وفي ايجاد مكان لحمايتها وغيرها من السلوكيات التي تدخل في حياتها والتي تعتمد على الضوء كحافز لها.

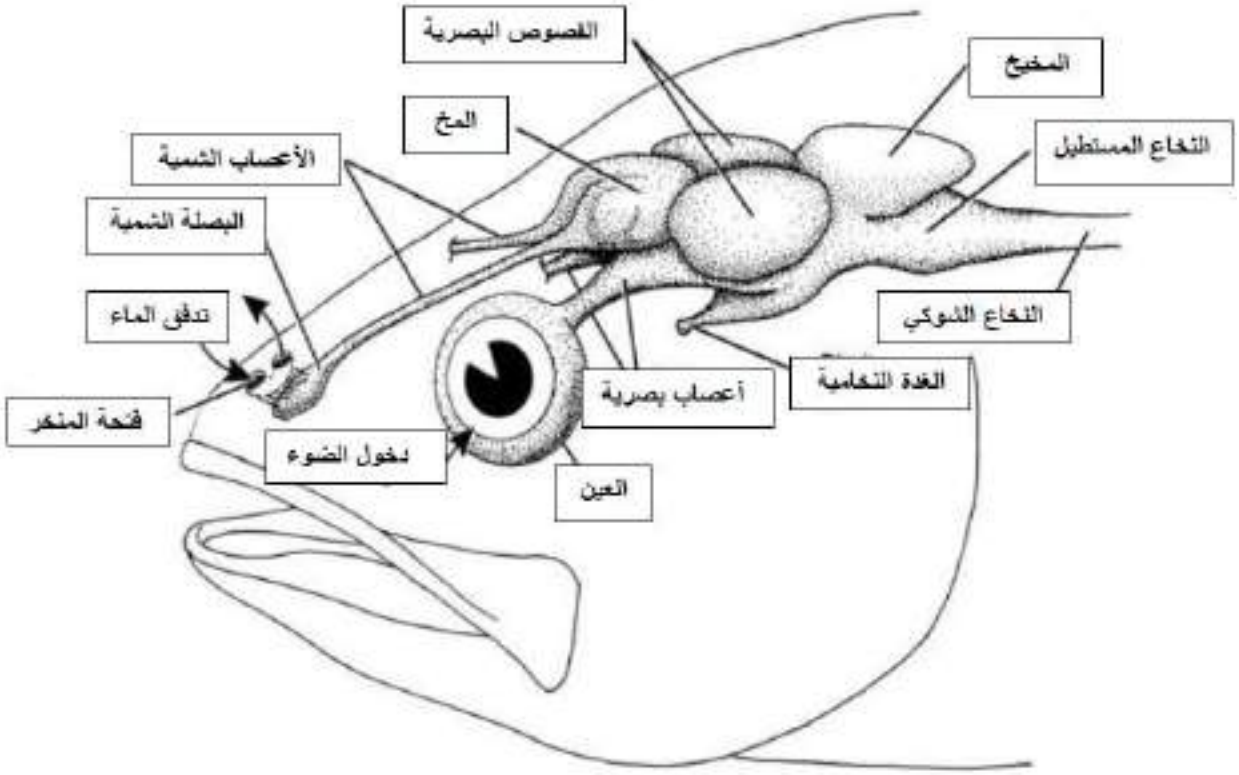


الشكل (50) رسم توضيحي لطبقات ومكونات عين الأسماك

2- المنخر:

وهو عضو الشم ويكون على شكل كيس مغلق في معظم الأسماك (ما عدا في الأسماك الرئوية) ذو فتحة أو فتحتان خارجيتان ويبطن هذا الكيس بخلايا طلائية حسية تتصل بالمخ الامامي من خلال العصب الشمي (Olvactory nerve).

إن المواد ذات الرائحة والتي لها أثر حيوي (بايولوجي) مهم في حياة الأسماك ذات منشأ عضوي. ويمكن للسمكة أن تحس بها من خلال الطبقة الطلائية التي تبطن الكيس الشمي فتنقلها إلى العصب الشمي ثم إلى الدماغ. أما الطريقة الفسلجية التي يتم من خلالها استلام الرائحة فلا تزال غير معروفة جيداً. وهناك بعض الأسماك مثل سمكة رأس الثور والكواسج وغيرها تعتمد على حاسة الشم في أيجاد غذائها. فإذا ما أزيلت منها قابلية الشم لا تتمكن من أيجاد غذائها. فضلا عن ذلك فقد دلت الدراسات على أن بعض الأسماك المهاجرة كالسالمون تستعمل حاسة الشم في أيجاد طريق العودة من خلال رائحة الجدول الذي تسبح فيه. وهناك بعض أنواع المينو التي تعود لعائلة الشبوط تعطى مادة ذات رائحة مميزة عند احساسها بالخطر لتحذير افراد المجموعة التي تعيش معها مما يؤدي إلى تفريقهم. هذا ويمكن القول ان بعض أنواع الأسماك التي تتميز بقابلية الشم العالية كأسماك القط تستعمل حاسة الشم في تمييز افراد المجموعة التي تعيش معها وذلك عن طريق الرائحة الخاصة للمادة المخاطية لكل سمكة منها.



الشكل (51) الأعضاء الحسية في سمكة عظمية وارتباطها بالجهاز العصبي

3- الأُذن:

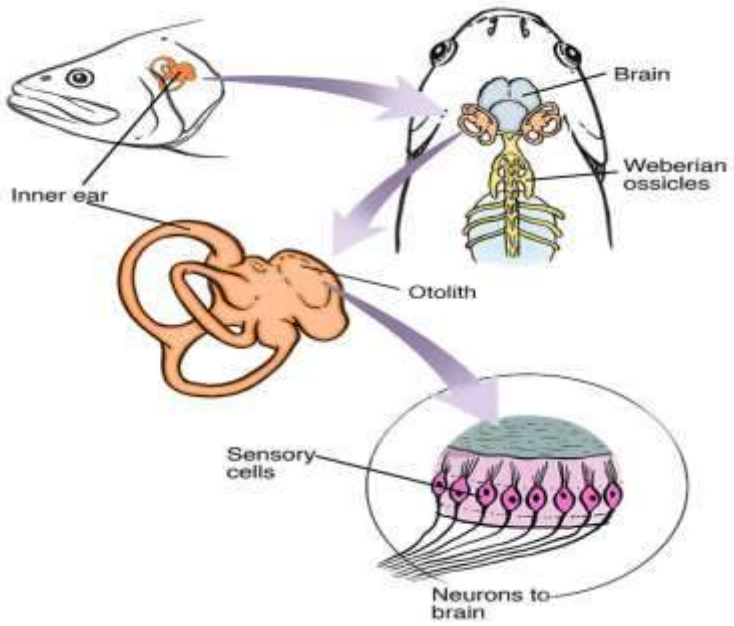
وهي عضو السمع والتوازن في الأسماك كما في غالبية الفقريات. وتختلف الأسماك في الفقريات العليا في احتوائها على الإذن الداخلية فقط وخلوها من كل من الإذن الخارجية التي تحتوي على الصيوان إلى الطبلة ومن الإذن الوسطى تحتوي على سلسلة العظام الصغيرة (المطرقة والسندان والركاب).كما أن قوقعة الإذن التي توجد في الإذن الداخلية في الفقريات الأخرى تكون مفقودة في الأسماك. وبسبب عدم وجود الطبلة فإن الانسجة الجسمية تعمل على إيصال الموجات الصوتية إلى الإذن الداخلية.

إن الإذن الداخلية يمكن أن تعتبر من وجهة نظر التطور جزءاً متخصصاً من الخط الجانبي للإحساس بالبيئة الخارجية ووظيفتها في الإحساس بالموجات المائية وحركة التيار مما يساعد على توجيه السمكة أثناء حركتها.

تحتوي الإذن الداخلية في الأسماك على الحصية الاذنبية والتيه الغشائي الذي يحتوي على سائل يعرف باللمف الداخلي (Endolymph) ومحاط باللمف المحيطي (Periymph) وتقع الإذن الداخلية في الزاوية الحلقية من القحف.

إن الخصائص الفسلجية في التميز بين الذبذبات الصوتية المختلفة ليست معروفة ولكنها متمركزة في الجزء العلوي من الإذن الداخلية والمعروف بالقريبة (Utriculus) ويمكن القول أن هناك أسماك لها قابلية

سمعية عالية مثل أسماك المينو وأسماك القط حيث تتصل الإذن الداخلية بالكيس الهوائي من خلال سلسلة من العظام تعرف بعظيمات ويبر وتمتاز هذه الأسماك بوجود اختلافات تركيبية في الإذن الداخلية يعتقد بعض العلماء أنها تودي إلى التقاط الذبذبات الصوتية المحمولة إليها من الكيس الرنان.



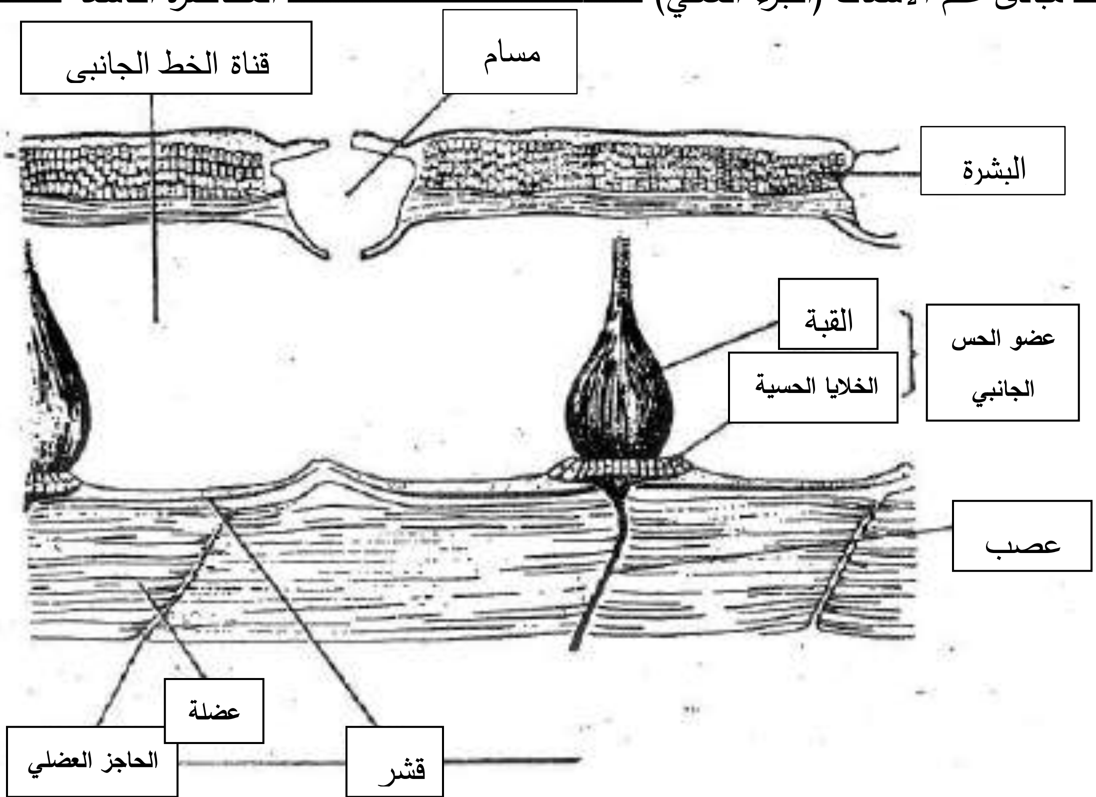
الشكل (52) موقع الأذن وارتباطها بالجهاز العصبي للسمكة

4- الخط الجانبي:

يعد الخط الجانبي أحد الأعضاء الحسية يوجد في الأسماك فقط وفي البرمائيات في مراحل حياتها المائية. ويتصل الخط الجانبي بالدماغ من خلال أعصاب صاعدة من الجهاز السمعي في الإذن الداخلية.

يتكون الخط الجانبي من قناة جانبية تمتد على طول الجسم والرأس وتفتح إلى الخارج من خلال فتحات حسية على الجلد أو الحراشف. وتكون هذه مرتبة في الأسماك العظمية على شكل خط أما في الأسماك الغضروفية كالكواسج والقوابع فتكون مرتبة على شكل مجموعات أو خطوط في الأجزاء الأمامية والظهرية من الجسم ويعتقد بعض العلماء ان هذه الخلايا الحسية الخارجية هي مستقبلات ذوقية.

إن وحدة الاستقبال في الخط الجانبي تدعى بالسارية الحسية وهي عبارة عن مساحة من النسيج الحسي مكون من خلايا مستقبلية كمثرية الشكل تحتوي كل منها على امتداد يشبه الشعرة في قمتها يصل إلى تركيب جلاتيني قمعي الشكل. ويمكن القول ان الخط الجانبي ينبه السمكة إلى أي اضطراب يحدث في الماء نتيجة التيارات الصغيرة أو حركة الحيوانات القريبة. فضلاً عن ذلك فان أعضاء الخط الجانبي تستجيب للأيونات الأحادية الشحنة كالصوديوم (Na^*).



الشكل (53) رسم توضيحي لأعصاب الخط الجانبي

البيئة والتوزيع الجغرافي للأسماك

إن كثافة الأسماك وتوزيعها في المياه على سطح الكرة الأرضية هي نتاج التداخل بين الاسماك والعوامل الكيمياوية والفيزيائية والبيولوجية المحيطة بهذه الاسماك. ولدراسة العلاقة بين أي كائن وبيئته أهمية كبيرة في علم البيئة. تدعى دراسة توزيع الأحياء الناتجة العلاقات البيئية لها بالتوزيع الجغرافي الحيواني أو الجغرافية الحيوانية (Zoogeography) أما توزيع الاسماك فيدعى بالجغرافية السمكية من (Ichthyogeography).

إن الوحدة الاساسية في دراسة علم البيئة الفرد (individual) ولكن من الناحية التطبيقية يتم التعامل عادة مع النوع (species) الذي هو عبارة عن مجموعة من الافراد المتشابهين القادرين على التزاوج والانجاب. هذا وتؤلف افراد النوع او الانواع التي تشغل منطقة معينة ما يسمى بالمجتمع او التجمع (population) ويشغل اعضاء التجمع حيزاً بيئياً (ecological niche) واحداً او اكثر ويمكن تعريف الحيز البيئي على هذا الاساس بكونه المكان البيئي المخصص للكائن. اما البيئة (environment) فهي مجموعة الاحياء والاموات وما يحيط بها من جماد . وفي المحيط المائي تقع التجمعات المؤلفة من الاسماك والاحياء الأخرى في مجموعات (communities) في البيئات المختلفة. واخيراً فأن مجموع تلك المجموعات مضافاً اليها البيئات التي تدعمها يمكن ان يطلق عليها النظام البيئي (ecosystem) وبالطبع فأن حدود هذا النظام البيئي قد تغطي الكرة الأرضية (biosphere) او قد تخطي ببساطة بركة صغيرة او كل مياه الأرض (hydrosphere) .

الجغرافية الحيوانية:

كان التوزيع الجغرافي للحيوانات اول الأدلة التي اهتدى بها دارون والاس الى حقيقة التطور، هذا ويهتم علم جغرافية الحيوان بتوزيع الحيوانات في العالم وكذلك بأصل او تاريخ هذا التوزيع. الحيوانات هي كائنات حية دائمة النشوء والتكاثر في بعض المناطق ومنها تنتشر الى مناطق اخرى او تموت في مناطق ثالثة ويعود ذلك إلى تكون او نشوء نظام جغرافي جديد، ولهذا السبب فان ابعاد انتشار النوع او المجاميع هي شيء متحرك (dynamic) وليس ثابتاً (static) وعلى هذا الاساس تحتاج الخرائط المعدة لتبيان التوزيع الجغرافي للحيوانات الى إجراء التعديلات في الفترات الزمنية المختلفة ويكون هدف الباحث في هذا العلم ليس فقط

التوصل الى نظام توزيع الاحياء على خريطة العالم بل تبيان اسباب هذا الشكل من التوزيع ايضاً. وللتعرف على تلك الاسباب يعتمد هذا العلم على علوم اخرى هي علم البيئة وعلم التطور وعلم طبقات الارض وعلوم اخرى. وللسهولة يمكن تقسيم جغرافية الحيوان الى ثلاث مجاميع التوزيع العالمي world-wide distribution الذي يكشف خطوطاً عريضة عامة، والتوزيع الاقليمي regonal distribution ويتعامل مع مجاميع محددة في اجزاء مختارة من العالم، والتوزيع المحلي local distribution الذي يهتم بجغرافية وبيئة الانواع .

بعض التعريفات:

الانتشار dispersal: تاريخ حركة مجموعة من الحيوانات في الماضي والحاضر يمثل انتشار المجموعة (group's dispersal) وهو بهذا يشمل فقدان ارض او الحصول على ارض.

أصيل autochthonous: أي إن النوع نشأ وتطور في ذلك المكان المعين.

سائد dominant: وهي الحيوانات الناجحة والكثيرة نسبياً كأفراد وكأنواع وغالباً ما تكون لها تكيفات تؤهلها للتوزع في بيئات مختلفة.

مستوطنة endemic : وهي الاحياء التي يقتصر وجودها على مكان معين فقط ولا توجد في مكان آخر.

الناجية relict: وهي الاحياء التي قاومت واستمرت في الوجود في حين ان اشباهها او اقاربها (relatives) ان صح التعبير ماتت في كل مكان.

في محاولة المعرفة نشوء وانتشار الانواع فقد صيغت خصائص معينة لتعطي ادلة قيمة لتاريخ هذه الأنواع ومن هذه الادلة:

1. قدمت اولى الاحافير التي عثر عليها ادلة مهمة لاماكن نشوء الانواع وخصوصاً عندما تكون هذه المتحجرات واضحة ومعروفة نسبياً.

2. ان المكان الذي يحوي اكبر عدد ممكن من الاجناس او الأنواع يمكن ان يعتبر مكان نشوء لهذه المجموعة.

3. استمرارية المنطقة تعتبر دليلاً هاماً. من مجموعة الماصات (suckers) عائلة الاسماك الماصة (Catastomidae) فأن النوع (*Catastomus catastornus*) موجود خارج اميركا الشمالية في منطقة سيبيريا فقط وهذا يتماشى مع الفكرة في ان هذا النوع غزى منطقة سيبيريا حديثاً ومن جهة اخرى فان الماص الصيني المختلف والعائد الى الجنس Myxocyprinus معزول بشكل واضح عن بقية العائلة وهذا يدعم كونه ناجياً من ماص قديم كان موجودا في جنوب آسيا ولكنه انقرض.

4. ان توزيع العوائل المتنافسة والمترابطة ذات القرابة يعتبر مهماً جداً كدليل على تاريخ تلك العوائل. ان اقرب قريب الى الاسماك الماصة هي اسماك المنوة (عائلة الشبوطيات Cyprinidae) التي يمكن ان تكون قد نشأت او اشتقت منها في شرق آسيا وبالتالي هاجرت هذه المجموعة الى اميركا الشمالية ومرت بتغيرات رئيسية في مناطق كان المنافسون فيها قليلي العدد. ان التاريخ المحتمل للأسماك الماصة يوضح ان مراكز التطور والانتشار يمكن ان تكون مراكز للانقراض ايضاً.

فتحات الجسم في السمكة

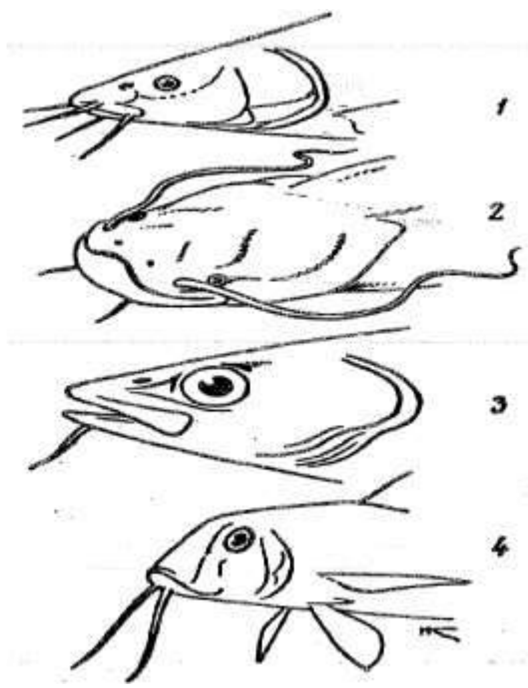
فتحات الجسم:

تشمل فتحات الجسم الموجودة في جسم السمكة الآتي:

1- فتحات الجهاز الهضمي:

هي تلك الفتحات التي ترتبط بالقناة الهضمية المتمثلة بالفم والمخرج .

أ- الفم: يحدد الفم بالشفاه التي قد تكون غشائية في معظم الأسماك وقد تكون صفيحة غضروفية كما في أسماك المنوة ويمكن أن تكون لحمية كما في أسماك الساقر، تكون الشفاه في معظم الأسماك خالية من الحراشف ومزودة بأعضاء حسية دقيقة، أما في الكواسج فتمتد الحراشف الدرعية التي تغطي الجسم لتغطي الشفاه ثم تتحور داخل الجسم مكونة الأسنان. يحتوي الفم في بعض الأحيان على استطالات خاصة تسمى بالزوائد اللمسية(barbles) والتي تحمل الخلايا الحسية ويختلف شكل وعدد هذه الزوائد في الأسماك المختلفة.



شكل (12) زوائد لمسية في أسماك مختلفة

1. البريس *Barbus barbus*.

2. الجري *Siluris glanis*.

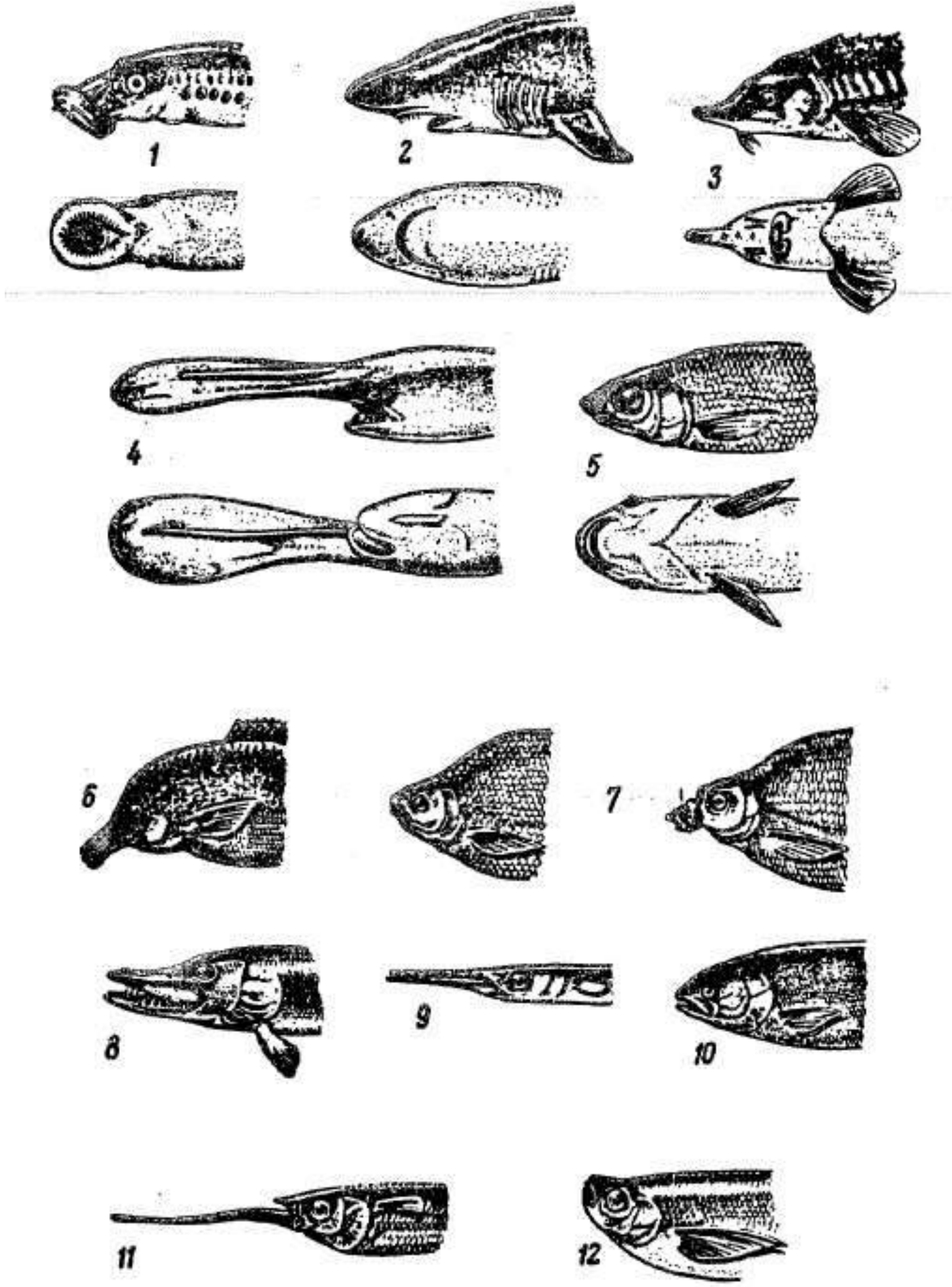
3. الكود *Gadus morhua*.

4. الخشني الأحمر *Mullus barbatus*.

يختلف نوع الفم في الأسماك اعتماداً على طريقة تغذيتها فقد يكون موقع الفم طرفياً(terminal) أو علوياً (dorsal) أو سفلياً(ventral) أو شبه سفلي (semiventral) وبناءً على ذلك تعتمد فتحة الفم في تصنيف الأسماك فقد يكون موقع الفم كالاتي:

- **في مقدمة السمكة:** أي تكون فتحة الفم في مقدمة جسم السمكة بحيث يكون الفك العلوي مساوي للفك السفلي للسمكة.
- **في أعلى مقدمة جسم السمكة:** بحيث يكون الفك العلوي أصغر من الفك السفلي وتكون فتحة الفم أعلى قليلاً من مقدمة رأس السمكة ويظهر هذا النوع في الأسماك والتي تكون تغذيتها سطحية.
- **في أسفل مقدمة السمكة:** بحيث يكون الفك العلوي أكبر من الفك السفلي وفتحة الفم أسفل قليلاً من مقدمة رأس السمكة ويظهر هذا النوع في الأسماك التي تعيش في القاع وتكون تغذيتها قاعية شكل (14).

ب- فتحة المخرج: يفتح المخرج في الأسماك على الخط الوسطي البطني وتقع في النصف الثاني من طول الجسم الكلي خلف قاعدة الزعانف الحوضية وقبل الزعانف المخرجية مباشرة ونادراً ما يحتل المخرج موقعاً أمامياً متقدماً كما في أسماك الفرخ القرصان (pirate perch) جنس Apherdoderus حيث يكون الموقع ودجياً، أما موقع فتحة المخرج في الكواسج وقريباتها وكذلك في الأسماك الرئوية يفتح المخرج بفتحة منخفضة عند السطح البطني يدعى المجمع (cloaca) والتي تضم أيضاً فتحات الأقنية البولية والتناسلية.



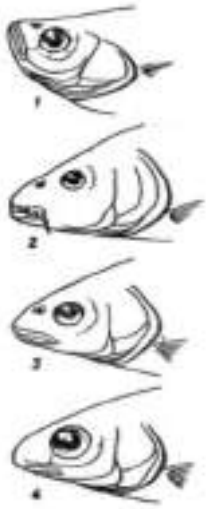
شكل (13) أنواع الفم في الأسماك

1. الجلكي ، 2. الكوسج ، 3. الحفش ، 4. المغدف (paddle fish)

5. الناز (Chondrostoma nasus)، 6.المرمار ، 7. الابراميس ، 8. الكراكي

9. الكراكي الصوري (saury pike)، 10.السلمون، 11. *Hyporhamhus sajori*

12. *Pelecus cultratus* .



شكل (14) مواقع الفم في الشبوطيات

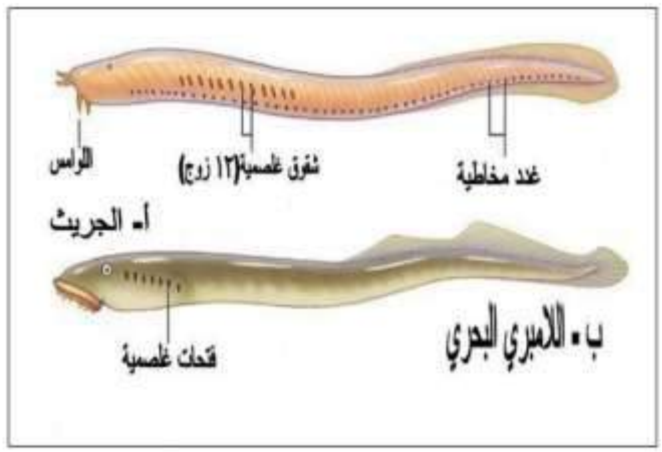
1. الفم العلوي في أسماك *Pelecus cultratus*.
2. الفم الطرفي في الكارب الشائع *Cyprinus carpio*.
3. الفم شبه السفلي في أسماك *Rutilus rutilus*.
4. الفم السفلي في أسماك *Capoetobrama kuschkewitsch*.

2- فتحة الغطاء الغلصمي (الوصاد):

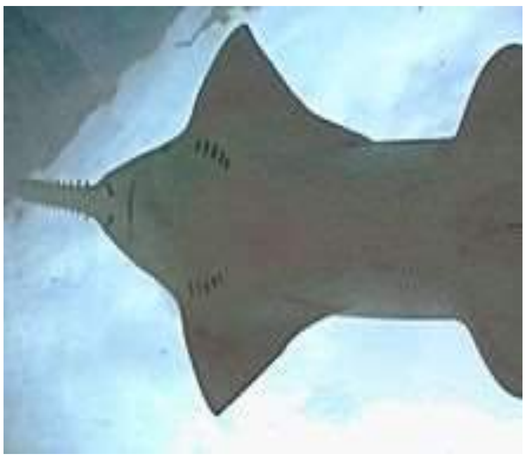
هي تلك الفتحات الخاصة بالجهاز التنفسي للأسماك حيث تمتلك الأسماك العظمية أغطية للغلاصم والتي تكون فائدتها حماية الغلاصم من المؤثرات الخارجية وتختلف عدد فتحات الغلاصم في الأسماك فهنالك فتحة مفردة للغلاصم على جانبي الرأس وتقع عادة إلى الأمام من قواعد الزعانف الكتفية عدا في أسماك المضرب حيث تقع إلى الخلف، ويوجد في أسماك الخرافيات أربع أزواج من الغلاصم وتقع في زوج واحد من الشقوق، أما أسماك الجريث يتراوح عدد الفتحات بين 5-14 فتحة على كل جانب ويوجد في كل أنواع أسماك الجلكي 7 فتحات على كل جانب أما في معظم أسماك الكواسج لها 5 فتحات باستثناء أنواع قليلة منها لها 6 فتحات، بينما تمتلك كل القوبعيات 5 فتحات على كل جانب.

غطاء الغلاصم (أسماك عظمية)

فتحات غلصمية (أسماك غضروفية)



الفتحات الغلصمية في أسماك الجريث واللامبري البحري



الفتحات الغلصمية في القوبعيات

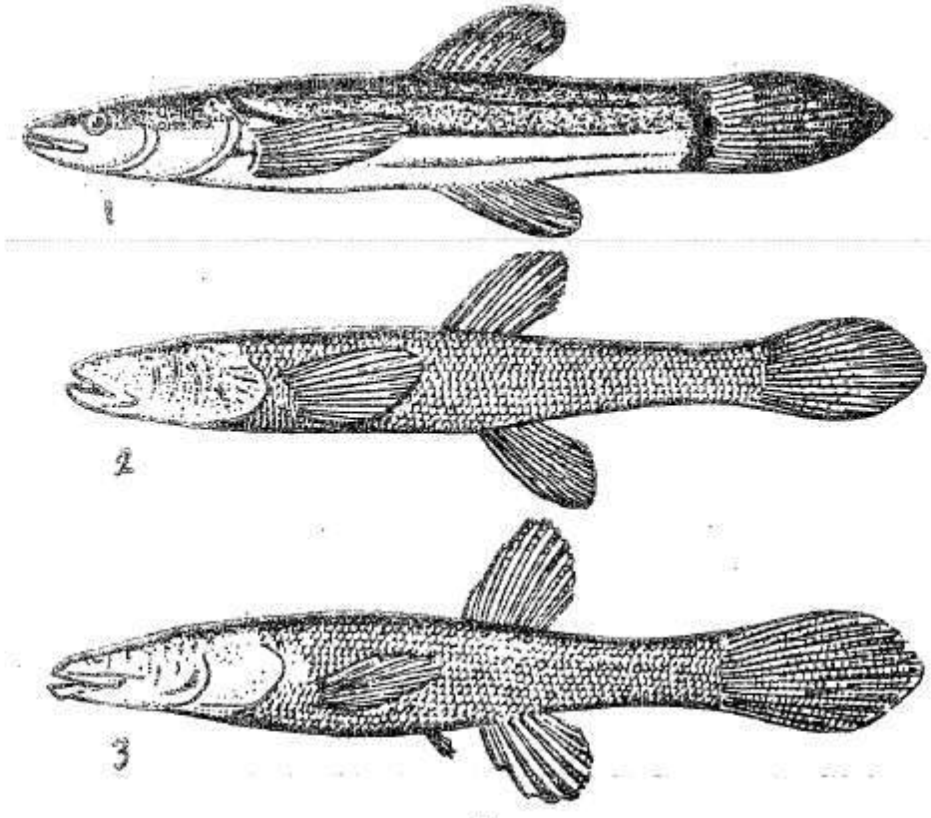
شكل (15) فتحات الغطاء الغلصمي في أنواع مختلفة من الأسماك

3- **فتحات أعضاء الحس:** هي تلك الفتحات العائدة إلى الجهاز الحسي للأسماك وتشمل على:

أ. **المناخر:** يوجد منخر واحد أو منخرين في معظم الأسماك على كل جانب من المخطم وتفتح في سطح معظم الأسماك في أعلى جوانب المخطم، أما في الأسماك الغضروفية فأنها تفتح في الجهة البطنية (السفلى) للمخطم وتقود هذه المناخر إلى كيس مغلق يمثل عضو الشم، أما في الأسماك عديمة الفكوك فيوجد منخر واحد في الوسط وتكون هذه الفتحات غير عاملة لعدم امتلاك الأسماك لحاسة الشم في الماء أو تكون حاسة الشم ضعيفة.

ب. **العيون:** يوجد زوج من العيون على جانبي الرأس وبذلك يكون لكل منها مجال رؤية مستقل عن الأخرى أي تكون كل عين حرة الحركة لوحدها تتحرك في أي جهة تختلف عن حركة العين الأخرى، وتمتاز الأسماك القاعية بأن العيون علوية (في أعلى الرأس) وقد تكون في جهة واحدة من الرأس كما في

الأسماك المسطحة وقد تختزل العيون أو تفقد في بعض أسماك الكهوف، كما أن بعض الأسماك تكون عديمة الأجفان أي لا يمكن غلقها.



شكل (16) ثلاثة من أسماك الكهوف تتبع رتبة البطريخ

1. الجنس Chologaster.
2. الجنس Typhlichtys.
3. الجنس Amblyopsis.

ج. الفتحات الحسية: توجد خلايا حسية عديدة في جلد السمكة تمثل أعضاء الحس وهي عبارة عن سلسلة من خلايا حسية أنبوبية تتحسس المؤثرات الخارجية في الماء التي تعترض السمكة سواءً ميكانيكياً وحتى المؤثرات الكيميائية وتمتد هذه الخلايا على كل جانب من الجسم تمتد من الرأس وحتى الزعنفة الذنبية ضمن الخط الجانبي (Leteral Line) وقد لا تنتظم بخط واحد بل تنتشر على الجسم كما في أسماك الكراكي وأسماك فضية الجانب أما في الأسماك الغضروفية فهنالك أعضاء إضافية متخصصة في الخط الجانبي في منطقة المخطم.

4- فتحات الجهاز البولي والتناسلي:

هي تلك الفتحات الخاصة بالجهاز البولي والتناسلي والتي تقع خارج جسم السمكة وقد تفتح الأقنية البولية والتناسلية في أسماك الجريث والجلكي بفتحة مشتركة تدعى الحلمة البولية التناسلية وتقع خلف فتحة المخرج. أما في الكواسج وقريباتها فهناك المجمع الذي يجمع فتحات المخرج والقناة البولية والتناسلية. بينما في أغلب الأسماك العظمية لا يوجد اتصال بين الجهازين البولي والتناسلي، لذا توجد فتحات خارجية منفصلة لكلا الجهازين حيث تفتح الفتحة البولية عادة خلف الفتحة التناسلية. وتوجد حالة استثنائية لأسماك الخرافيات في كون قناة البيض فيها فتحتان بشكل منفصل تفتحان خارج الجسم.

الفرق بين الأسماك العظمية والأسماك الغضروفية

الأسماك العظمية	الأسماك الغضروفية
1- يتكون الجهاز الهيكلي لهذه الأسماك من العظام	1- يتكون من الغضاريف
2- فتحة الفم تكون في مقدمة رأس السمكة	2- يكون الفم في أسفل رأس السمكة
3- نادر ما تحتوي الفكوك على أسنان	3- تحتوي على أسنان قوية جداً
4- تحتوي على الغطاء الغلصمي يغطي فتحة الغلاصم لحمايتها	4- لا يحتوي على الغطاء الغلصمي
5- التلقيح يكون خارجي	5- التلقيح داخلي
6- تكون تربيتها اقتصادية	6- تكون تربيتها غير اقتصادية
7- يغطي جسمها الحراشف	7- لا يغطي جسمها الحراشف
8- تكون الزعنفة الذنبية متناظرة الفصين	8- تكون غير متناظرة الفصين

التشريح الداخلي للسمكة

الجهاز الهيكلي:

إن شكل الجسم والحركة في الأسماك يحددها الترابط والتداخل بين الجهازين العظمي والعضلي، فالجهاز الهيكلي يحتوي على العظام والغضاريف والأنسجة الرابطة والحراشف والأسنان والأشعة الزعنفية، إن هذه المكونات العديدة مرتبة لتكوين الهيكلين الخارجي للسمكة والداخلي بأجزائها الصلبة والرخوة.

الهيكل الخارجي للسمكة:

ويقصد به الهيكل المرئي من جسم السمكة والذي يمكن رؤيته بدون تشريح، ويضم الأجزاء الظاهرة مثل الحراشف أو الصفائح العظمية التي تقع على الجلد والأشعة الزعنفية والأنسجة الرابطة التي تقوي الجلد وتربطه بالعضلات التي تقع أسفله.

الهيكل الداخلي للسمكة:

يتكون الهيكل الداخلي من الجمجمة والعمود الفقري والأضلاع والعظام التي تقع بين العضلات والعظام التي تسند الزعانف وفيما يأتي شرح لكل من هذه الأجزاء الآنفة الذكر:

أولاً :- الجمجمة:

وتتكون من عدد كبير من العظام (حوالي 45 عظم) توصل بينها غضاريف أهم هذه العظام عظام الفكين والجبهة وعظام الغطاء الغلصمي , تتكون جمجمة الأسماك الغضروفية من القحف (Chondrocranium) والمتكون من قطعة واحدة غضروفية ومن الأقواس الخيشومية الغضروفية (Branchiocranium) وملحقاتها ويتميز قحف جمجمة الأسماك الغضروفية بعدم تلاحم جزئه الواقع فوق المخ، أما جمجمة الأسماك العظمية فتتكون من جزأين منفصلين هما القحف والذي يدعى بالأسماك العظمية (Neurocranium) والأقواس الخيشومية العظمية (Branchiocranium) ويحتوي القحف على قسمان رئيسيان هما:

1- سلسلة من الأجزاء العظمية الداخلية التي يكون قسم منها قاعدة لصندوق الدماغ والقسم الآخر أغلفة تحيط بالأكياس الشمية والبصرية والجزء الأمامي من الحبل الظهري.

2- سلسلة من العظام الخارجية تغطي سطح صندوق الدماغ وتعطي شكل الوجه.

أما الأقواس الغلصمية فتقسم إلى ثلاثة مناطق:

1 - عظام الفكين العلوي والسفلي.

2- عظام الغطاء الغلصمي وعظام القوس الشفاف الذي يسند الفكين.

3-عظام الأقواس الخيشومية.

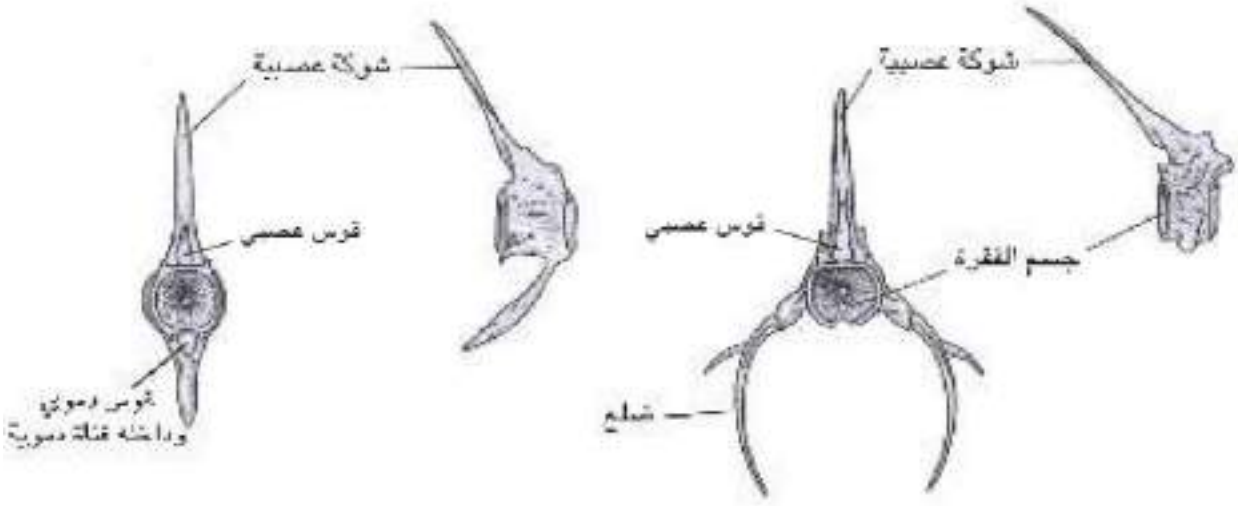
ثانياً:- العمود الفقري والاضلاع:

يتكون العمود الفقري في الأسماك من سلسلة من الفقرات وتكون جميع الفقرات ذات تراكيب متشابهة تقريباً حيث تتكون من جزء وسطي مقعر الوجهين يدعى بجسم الفقرة إلا ان لها بعض التحورات في موقعها من الجسم:

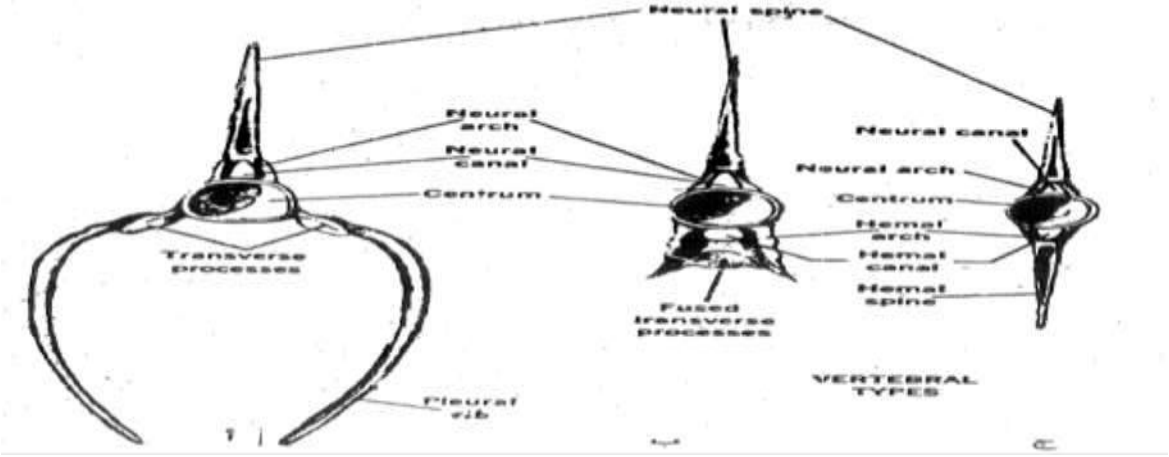
1- الفقرتان الأماميتان الأولى والثانية هما الأطلس والمحور تعملان على توصيل العمود الفقري بالجمجمة ولا تحويان على زوائد عظمية جانبية.

2- الفقرات الجذعية فلكل منها زائدتان جانبيتان طويلتان تقع في الجزء السفلي من الفقرة مكونة الأضلاع. وهناك زوائد عظمية تقع في الجزء العلوي من جسم الفقرة تدعى بالأقواس العصبية تلتحم مع بعضها مكونة القوس العصبي الذي يمر من خلاله الحبل الشوكي وتوجد الشوكة العصبية فوق القوس العصبي.

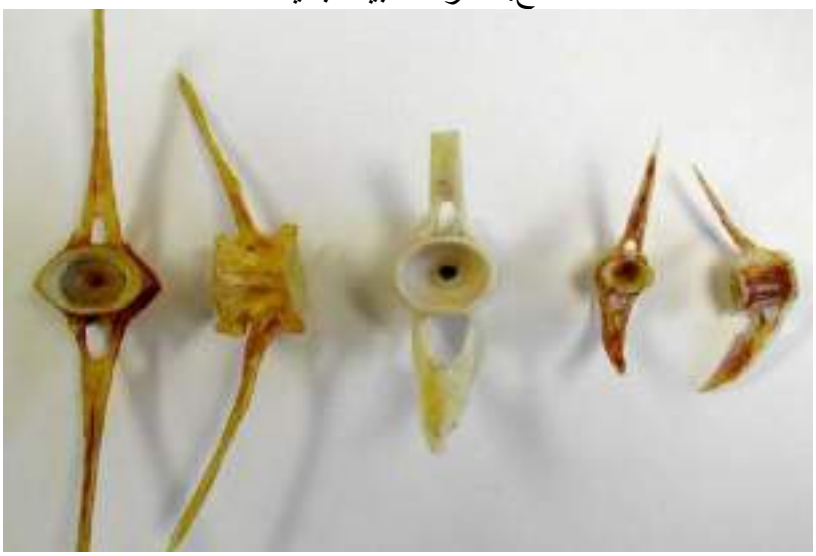
3- فقرات المنطقة الذنبية فإنها تشبه الفقرات الجذعية فيما يتعلق بالقناة العصبية ولكنها تختلف عنها بكونها لا تحتوي على أضلاع بل على زوائد تدعى بالأقواس الدموية مكونة القناة الدموية التي يمر من خلالها الوعاء الدموي المحوري الرئيسي وتختلف الفقرة الذنبية الأولى عن الفقرات الذنبية الاخرى بعدم وجود الشوكة الدموية. وتختلف الفقرات في الأسماك العظمية عنها في الأسماك الغضروفية بكونها غضروفية التكوين والأخرى تحتوي على أضلاع قصيرة في منطقة الجذع.



الشكل (40): فقرات العمود الفقري



الشكل (41) تركيب الفقرات في الأسماك
أ. الفقرة الجذعية.
ب. الفقرة الذنبية الأُولى.
ج. الفقرة الذنبية الباقية



الشكل (42) شكل الفقرات في الأسماك

ثالثاً :- العظام التي تقع بين العضلات :

هناك أشكال عديدة من العظام الصغيرة تعرف بعظام الشظية splint bones والتي تقع بين العضلات، فقسم منها يكون على شكل حرف (C) حيث تمتد هذه العظام بين العضلات إلى الشوكة العصبية في الفقرات وهناك شكل من العظام يشبه حرف (Y) حيث تتصل ذراع من هذه العظام برباط إلى الشوكة العصبية في الفقرات بينما تنغمر الذراع الأخرى للعظمة وقاعدتها بالعضلات ويمكن القول ان هذه العظام هي إحدى مساوئ لحوم الأسماك كغذاء للإنسان حيث يمكن أن تنغرز بالحنجرة أثناء الأكل.

رابعاً :- العظام التي تسند الزعانف:

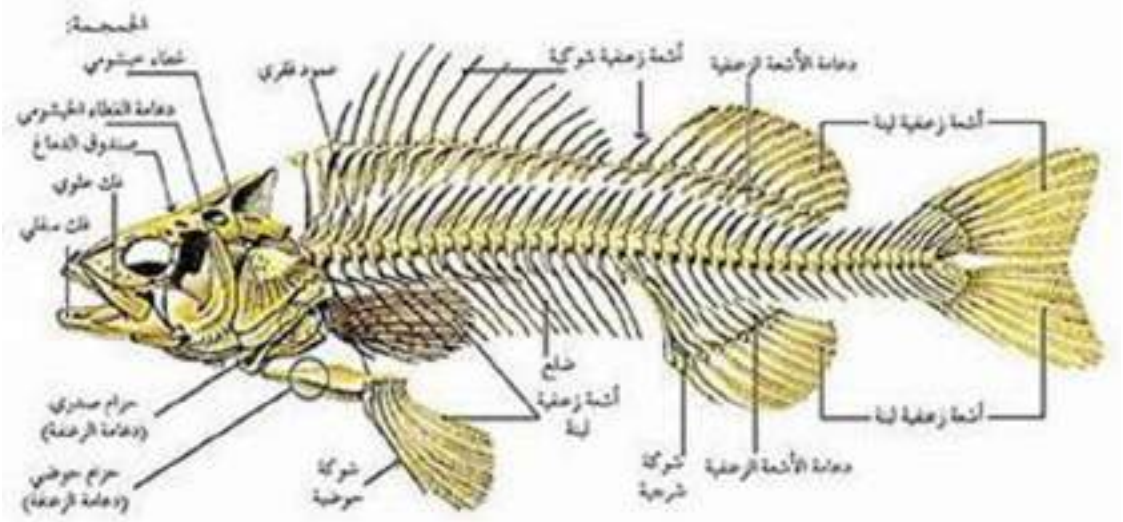
إن العظام التي تسند الزعانف الزوجية (الكتفية والحوضية) تكون ما يعرف بالحزامين الكتفي والحوضي، أما العظام التي تسند بقية الزعانف فلا تكون أي حزام. وتشمل هذه العظام:

1- عظام الزعانف الخالية من الحزام: ان الزعانف الظهرية والمخرجية للأسماك العظمية مزودة بثلاثة سلاسل من العظام هي على التوالي من الداخل: سلسلة عظام جناحية محورية وبعدها في الوسط قرب الأشعة الزعنفية توجد سلسلة من العظام الجناحية الوسطية وإلى الخارج متصلة بالأشعة الزعنفية تقع سلسلة من العظام الجناحية القاعدية.

أما بالنسبة للأسماك الغضروفية فإن الزعانف الظهرية مسندة داخلياً بغضاريف تقع على الأشواك العصبية للفقرات المجاورة، أما الزعانف الذنبية فمتصلة بعظام متطورة عديدة.

2- الحزام الكتفي: يتكون الحزام الكتفي في الأسماك الغضروفية من غضروف بشكل حرف (U) حيث تتصل جوانبه بالفقرات، أما الحزام الكتفي في الأسماك العظمية فيتكون من عظام غضروفية وعظام جلدية ويتصل الحزام الكتفي بأشعة الزعانف الكتفية.

3- الحزام الحوضي: يوجد الحزام الحوضي في الأسماك الغضروفية على شكل عمود يحمل الأشعة الزعنفية التي تسند العظام الكعبرية، اما في الأسماك العظمية فإن الحزام الحوضي مكون من زوج من العظام الغضروفية منفصلة أو ملتحمة جزئياً يتصل بكل منها من الجهة الخلفية العظام الكعبرية التي تسند الأشعة الزعنفية في الأسماك العظمية الواطئة اما في الأسماك العظمية الراقية فإن العظام الكعبرية الحوضية تختفي وتتصل الأشعة الزعنفية الحوضية مباشرةً بعظمة الحوض.



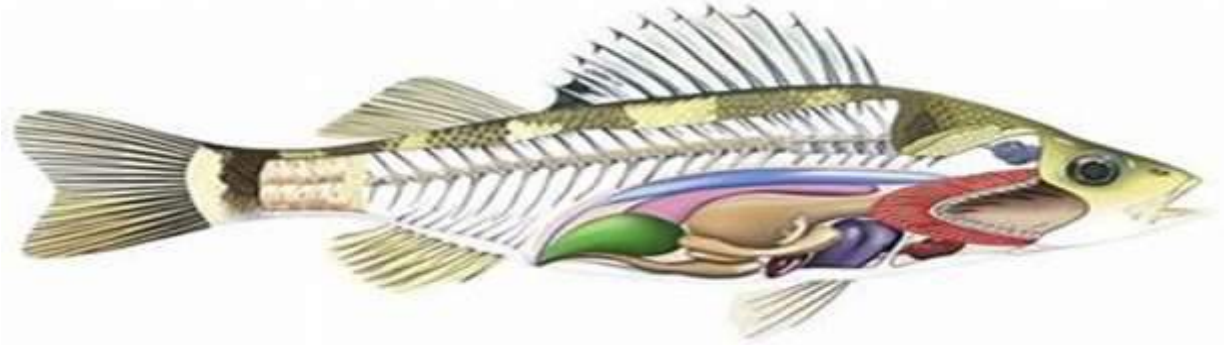
الشكل (43) الجهاز الهيكلي للأسماك العظمية

إن الفائدة الأساسية للجهاز الهيكلي هي:

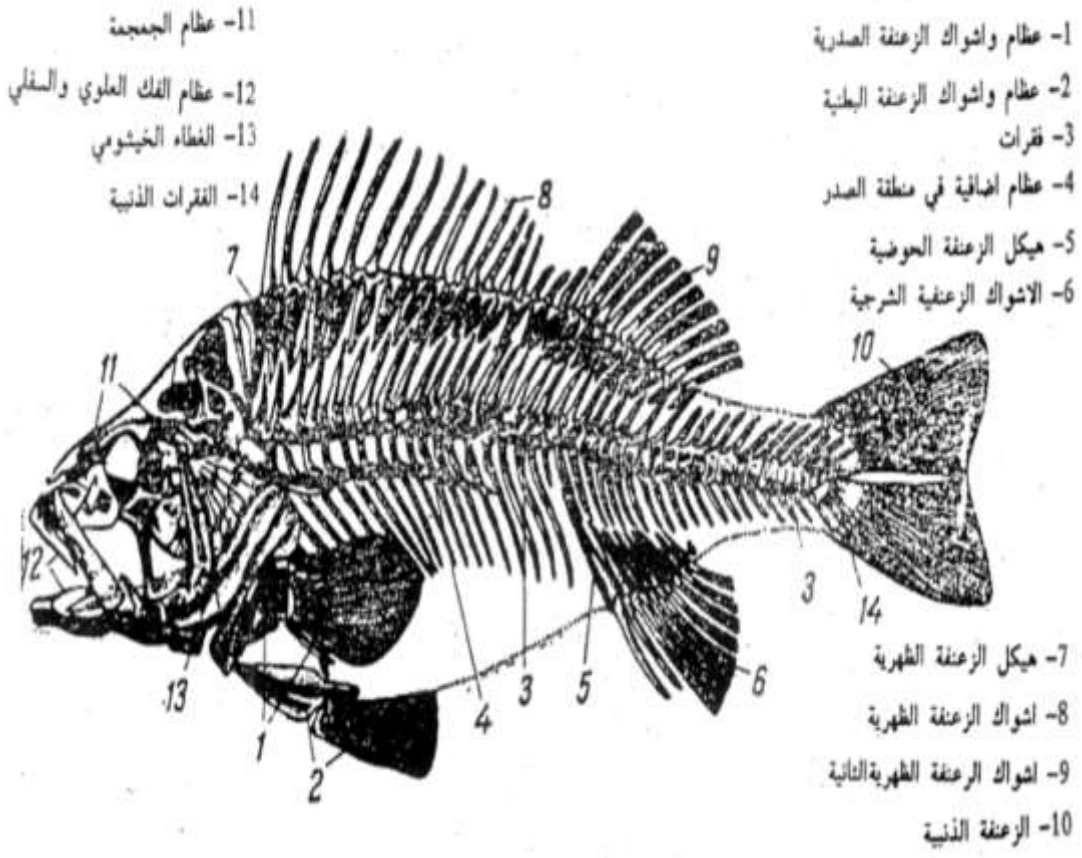
1-لإسناد الجسم وإعطائه الصلابة والشكل الضروري لحياة الكائن الحي.

2- فضلاً عن ذلك فإن للجهاز الهيكلي فوائد أخرى أهمها تكوين الدم.

3- فضلاً عن أن بعض التحورات فيه تؤدي دوراً في تلقيح بعض الأنواع من الأسماك التي تتلقح داخلياً.



الشكل (44) العظام التي تسند الزعانف



الشكل (45) الهيكل العظمي للأسماك العظمية

جمع عينات الأسماك

هي عملية الهدف منها جمع عينات من الأسماك لغرض دراسة المعلومات المتعلقة بالمجموعة السمكية التي تعيش في بيئة معينة فضلاً عن إعداد البحوث الخاصة بالأسماك وتشمل هذه العملية جملة من الخطوات المتبعة يتم فيها جمع عينات الأسماك وحفظها وترتيبها ثم دراستها.

أسلوب جمع عينات الأسماك:

لغرض جمع العينات يتطلب استعمال وسائل الصيد الاعتيادي وإن العينة المأخوذة تمثل المجموعة السكانية من الأسماك الموجودة في الوسط المائي المدروس فيجب أخذ اكثر من عينة لتحديد نوع الأسماك في الوسط المائي.

طريقة الصيد تعتمد على عدة عوامل منها كيفية صنع وسيلة الصيد وطريقة استعمالها والسلوكيات المختلفة للأسماك حسب النوع والجنس والحجم والموسم والوقت.

- اختيار وسيلة الصيد: يتطلب الاختيار الصحيح لوسيلة الصيد المستعملة وتوجد عدة طرق لتحقيق ذلك منها المقارنة بين وسائل الصيد لحساب التواجد الطولي للأسماك المصطادة، مثلاً تستعمل نوعان من الشباك الأولى هي الخيشومية والثانية شباك الجر المخروطية وتقارن النسب المئوية لتواجد الأطوال المختلفة من الأسماك وأحياناً يستعمل نوع واحد من الشباك ذات فتحات مختلفة لتقدير ذلك.

جمع عينات أسماك لأغراض البحث العلمي:

1- تستعمل وسيلة خاصة لصيد الأسماك التي لا يمكن صيدها عادة بشباك الصيد الكبيرة والتجارية لأن الأسماك الصغيرة الحجم أو صغار الأسماك واليرقات والبيوض تهرب عادة من شباك الصيد الاعتيادية بسبب كبر فتحتها ولهذا الغرض تستعمل شباك صغيرة الفتحات للصيد.

2- تستعمل السموم لجمع العينات من المياه ولكن لا ينصح باستعمالها لمحاذير كبيرة بما تسببه من تلوث المياه وتأثيرها السام حتى على الشخص المستخدم لهذه السموم وضرورة أخذ كافة التدابير للحد من التأثير السلبي لهذه السموم على بيئة المياه وهي وسيلة ممنوعة قانوناً ولا تستعمل إلا بموافقة خاصة ويقتصر استعمالها على مجالات البحث العلمي.

3- استعمال المفرقعات لجمع عينات الأسماك وهذه تخضع لموافقة قانونية وتقتصر على عينات البحث العلمي والدراسات الخاصة للأسماك ويمنع استعمالها لصيد الأسماك لأغراض تجارية.

4- أسلوب الصيد: يتم الصيد أثناء الليل باستعمال الإضاءة لجمع العينات لأن الأسماك تكون فعالة في الضوء وتجمع الأسماك بوساطة شباك يدوية ذات فتحات دقيقة.

5- تدوين المعلومات الخاصة بالصيد: بعد جمع العينات يتم تدوين وملء استمارات خاصة ويكون جمع العينات عشوائي وهنالك نماذج من الاستمارات الخاصة وهي حسب وسيلة الصيد:

نماذج الاستمارات الخاصة تدوين المعلومات عن جمع عينات أسماك وهي :

النموذج الأول رقم (1)

معلومات عن الصيد
أسم قارب الصيد ..... رقم الرحلة .....
التاريخ ..... رقم المحطة .....
رقم المنطقة .....

عمق الماء ..... طبيعة القعر .....

حالة الجو ..... حالة الرياح .....
لون الماء ..... سرعة التيار .....
درجة حرارة الماء ..... درجة حرارة الهواء .....

نوع وسيلة الصيد ..... سرعة قارب الصيد .....
عمق الصيد ..... الصيد الكلي .....
الصيد المرجع إلى الماء .....
أنواع الأسماك المرجعة .....
أنواع الأسماك المحتفظ بها .....

عدد مرات الجمع .....
الملاحظات .....

النموذج رقم (2) معلومات عن الصيد بالشباك الخيشومية

منطقة الصيد .....

التاريخ ..... عمق المسطح المائي .....

درجة حرارة الهواء ..... درجة حرارة الماء ..... الوقت .....

حالة الجو .....

لون الماء ..... العكارة .....

طبيعة القعر ..... النباتات الموجودة .....

أسم جامع العينات ..... أسم محطة الجمع .....

أنواع الأسماك التي تم جمعها	معدل الطول	الفروقات بالحجم والوزن + قياس الطول	حالة السمكة جنسياً	العدد	الملاحظات

النموذج الثالث رقم (3) معلومات عن الصيد بشباك الجر

منطقة الصيد .....

التاريخ ..... نوع وسيلة الصيد .....

طول الشبكة ..... فتحة عين الشبكة .....

أنواع النباتات المائية ونسبة تواجدها .....

درجة حرارة الهواء ..... درجة حرارة الماء .....

وقت الجمع ..... عكارة الماء .....

أسم محطة الجمع .....

أنواع الأسماك التي تم جمعها	معدل الطول	الفروقات بالحجم والوزن + قياس الطول	حالة السمكة جنسياً	عدد الأسماك التي جمعت	الملاحظات

جمع عينات الأسماك لغرض دراسة المنطقة التي تعيش فيها:

تقسم المناطق التي تعيش فيها الأسماك المراد أخذ عينات منها إلى عدة محطات لتسهيل عملية الجمع ويراعى في ذلك ما يلي :

1- اختيار المحطات الممثلة لغالبية المنطقة وتكون المسافة بين محطة وأخرى مسافة لا تزيد عن 5-10 كم.

2- تستعمل قوارب الصيد بطاقم كامل يضم أفراد الفريق الذي يقوم بالبحث وقائد القارب ومساعديه.

3- تملأ الاستمارة ويدون فيها المعلومات المطلوبة عن العينات التي تم جمعها عندما يكون الغرض من جمع العينات دراسة نوع معين من الأسماك فعندها ترجع الأنواع غير المطلوبة إلى الماء.

4- يتم إجراء بعض القياسات لعينات الأسماك المصطادة وتسجل في استمارة المعلومات.

يستفاد من المعلومات المدونة في الاستمارة لتعليل التغيرات الحاصلة في كمية ونوعية الصيد حسب الظروف الجوية وسرعة التيار وحالة الرياح وتقييم كفاءة شباك الصيد حسب الجهد المبذول.

5- قد يتطلب في بعض الحالات أخذ أجزاء من الأسماك المصطادة وبعد تدوين المعلومات عنها في الاستمارة يتم إرجاعها إلى صياديها ومن هذه الحالات مثل دراسة الحراشف التي تستعمل كقياس لتقدير عمر السمكة والقناة الهضمية لمعرفة طبيعة الغذاء والأعضاء التناسلية لغرض معرفة النضج الجنسي.

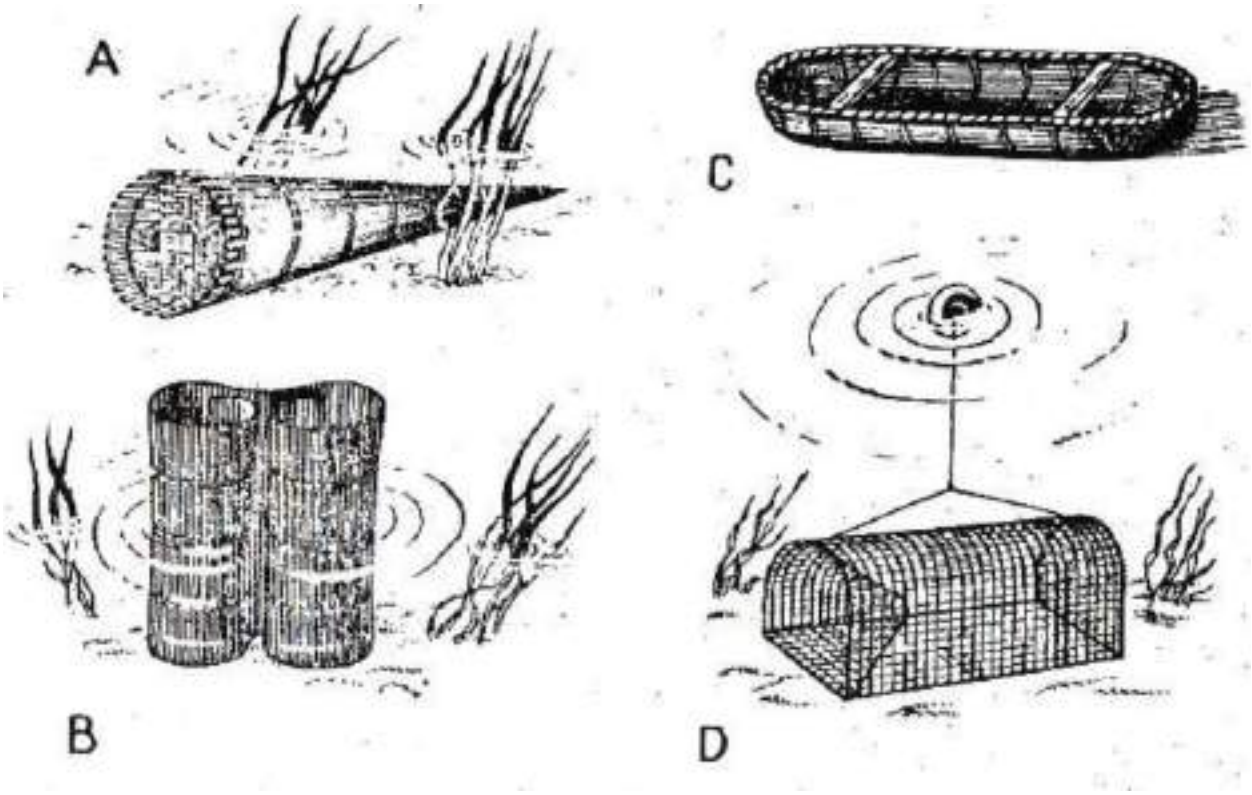
جمع العينات في مزارع إنتاج الأسماك :

تهدف دراسة قياسات الأسماك معرفة نمو وزيادة حجم الأسماك والتي لابد من إجرائها بصورة دورية ومستمرة لإيجاد معدل النمو فكلما كانت سرعة النمو عالية مع تقدم العمر تطلب زيادة عدد مرات القياس والوزن ، والعينات تمثل دراسة مراحل تربية الأسماك ودراسة نمو اليرقات والإصبعيات التي ينصح بصيدها لمعرفة وزنها وقياس أطوالها من لحظة الفقس ومن مرحلة تحول اليرقات إلى التغذية الخارجية في الأسبوعين الأولين من العمر وبفترات خلال كل 2-3 يوم وبعدها يجرب الصيد وقياس الإصبعيات كل 10 أيام في الشهر، السنة الأولى يجري القياس كل 10-15 يوم وبعد تقدم الأسماك بالعمر يجري قياس النمو كل 2-3 أشهر.

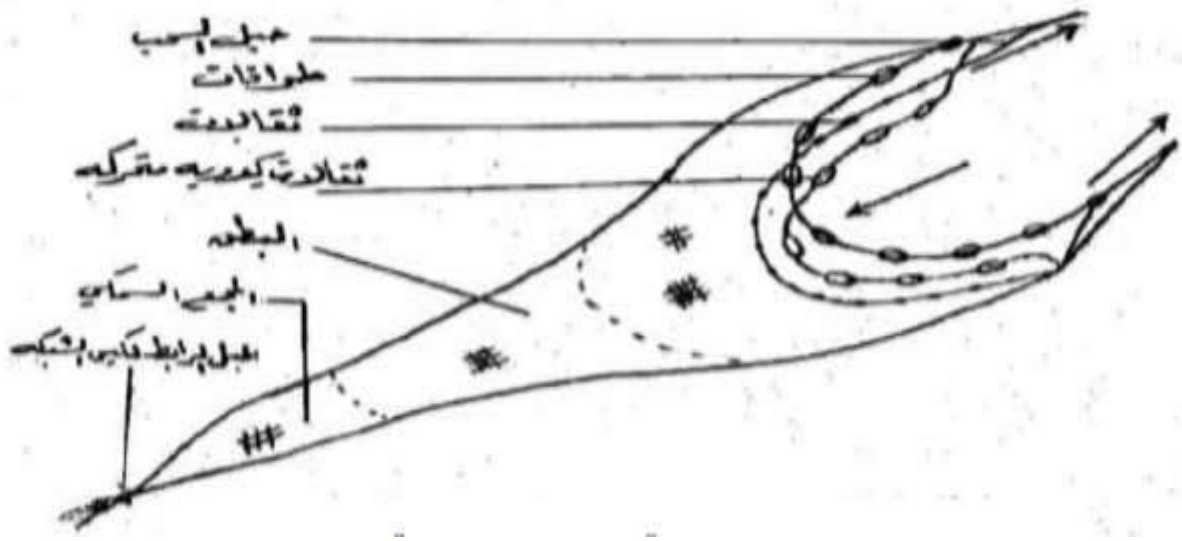
طريقة حفظ النماذج:

يتوجب حفظ الأسماك قبل دراستها خاصة عند جمع كميات كبيرة منها التي يصعب دراستها في نفس اليوم فمثلاً عند دراسة طبيعة التغذية تتطلب حفظ القناة الهضمية حتى تتصلب محتوياتها إذ يتم فحصها وتصنيفها بصورة أفضل وكذلك أيضاً عند دراسة عدد البيوض وتحفظ بوساطة استعمال الفورمالين التجاري.

الذي تركيزه (40%) وذلك بعد تخفيفه إلى (4%) ويحضر المحلول الأخير باستعمال جزء واحد من الفورمالين التجاري إلى (9) أجزاء من الماء.



الشكل (54) أنواع الشباك الثابتة



الشكل (55) شبكة الجر المخروطية

يستعمل التبريد أو التجميد لحفظ الأسماك ويتم دراستها بعد إزالة الثلج عنها كلياً وتترك تحت درجة حرارة الغرفة إلى أن تلين جميع أجزائها ثم تجفف قليلاً وبعد ذلك تقاس أطوالها وأوزانها.

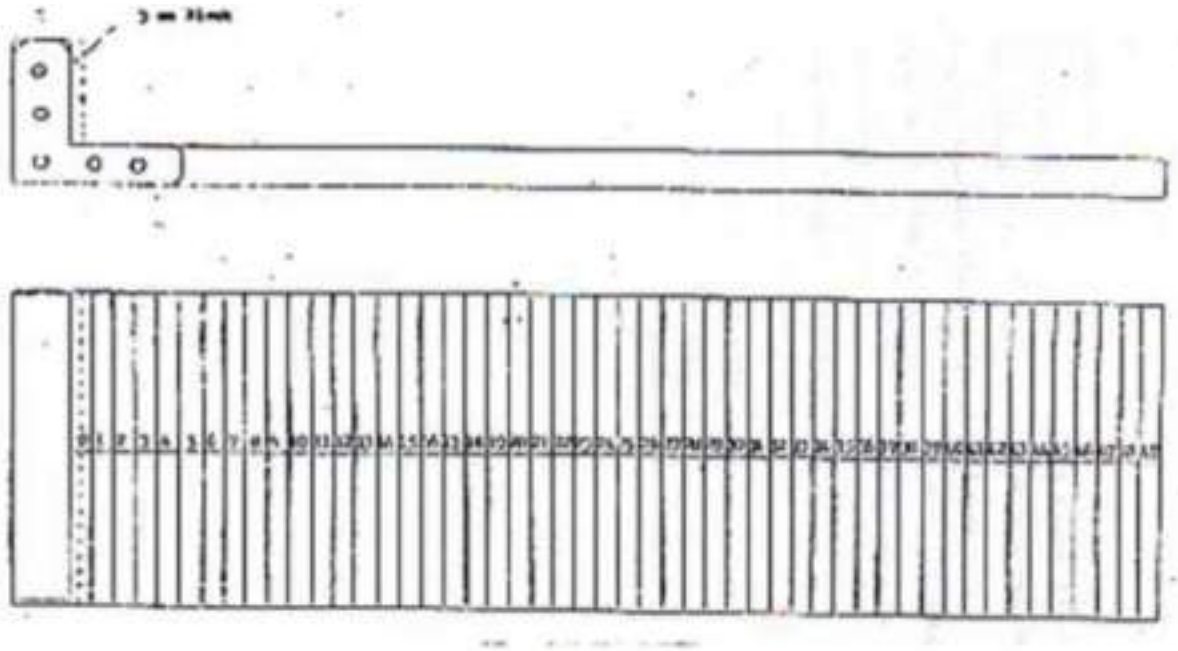
أما في حالة حفظ أجزاء معينة من الأسماك فالحراشف تحفظ جافة وتدون عليها معلومات عن السمكة المأخوذة منها لغرض معرفتها وبالطريقة نفسها تحفظ عظمة الأذن الداخلية وقد يتم حفظها أحياناً بالكحول ذي تركيز 60% وذلك لتسهيل قراءة العمر بوساطتها.

فحص الأسماك:

بعد جمع عينات الأسماك تقاس أطوالها وأوزانها وتؤخذ منها الحراشف أو عظمة الأذن الداخلية لتقدير العمر وبعد ذلك تفتح البطن ويعرف الجنس ومرحلة النضج الجنسي وفي حالة وجود طفيليات أو أعراض مرضية داخلية فأنها تسجل أما بالقناة الهضمية فتوزن ثم تحفظ بالفورمالين أو الكحول.

قياسات الأسماك:

تجري القياسات للأسماك عادة مباشرة في الحقل وإذ تعذر ذلك فأن العينات المأخوذة للقياس يفضل حفظها في الفورمالين لحين إجراء القياسات لها، يجري قياسات اليرقات والإصبعيات الصغيرة عادة تحت الميكروسكوب أو تحت عدسة مكبرة ملائمة وباستعمال العدسة العينية في الميكروسكوب وبمساعدة ورقة الخطوط البيانية الخاصة. أما الأسماك الأكبر فقياس أطوالها بوساطة المسطرة الخشبية كما موضح بالشكل(52).



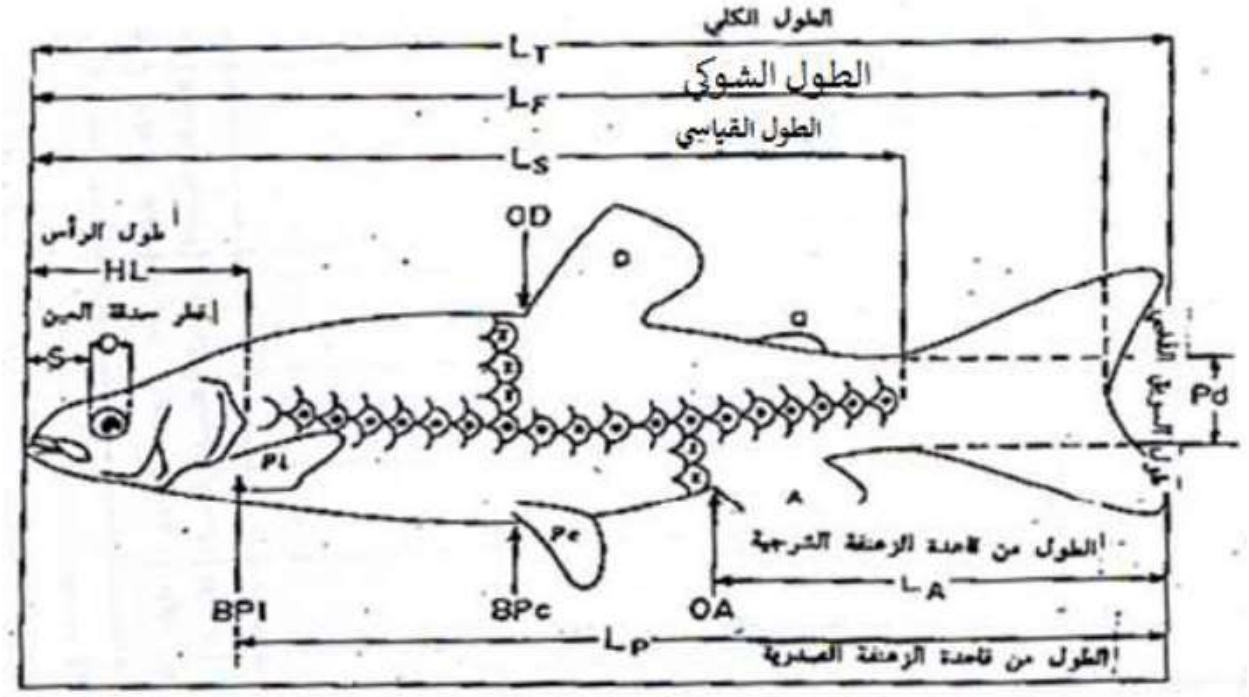
الشكل (56) مسطرة قياس الطول

القياسات:

هي تلك القياسات ذات الأهمية التي تصف فيها نمو السمكة ويمكن معرفة الكتلة الحية من تلك الأسماك في منطقة ما أو في حوض للتربية ومنها تبنى الصورة الواضحة عن إنتاجية الأسماك.

1- قياسات الطول: هو من القياسات الشائعة في مجال دراسة إنتاجية الأسماك وفي حقول الأبحاث السمكية.

يستعمل للقياس لوحة قياس خاصة حيث توضع السمكة على اللوحة بصورة مستقيمة بحيث يلتصق المخطم بالجانب المرتفع من اللوحة وهنالك ثلاثة قياسات طولية رئيسية تستعمل بكثرة في الدراسات الحيوية (البايولوجية) للأسماك كما مبين في الشكل (53) و(54) وتؤخذ هذه الأبعاد على طول محور الجسم بصورة مستقيمة والفم مغلق.



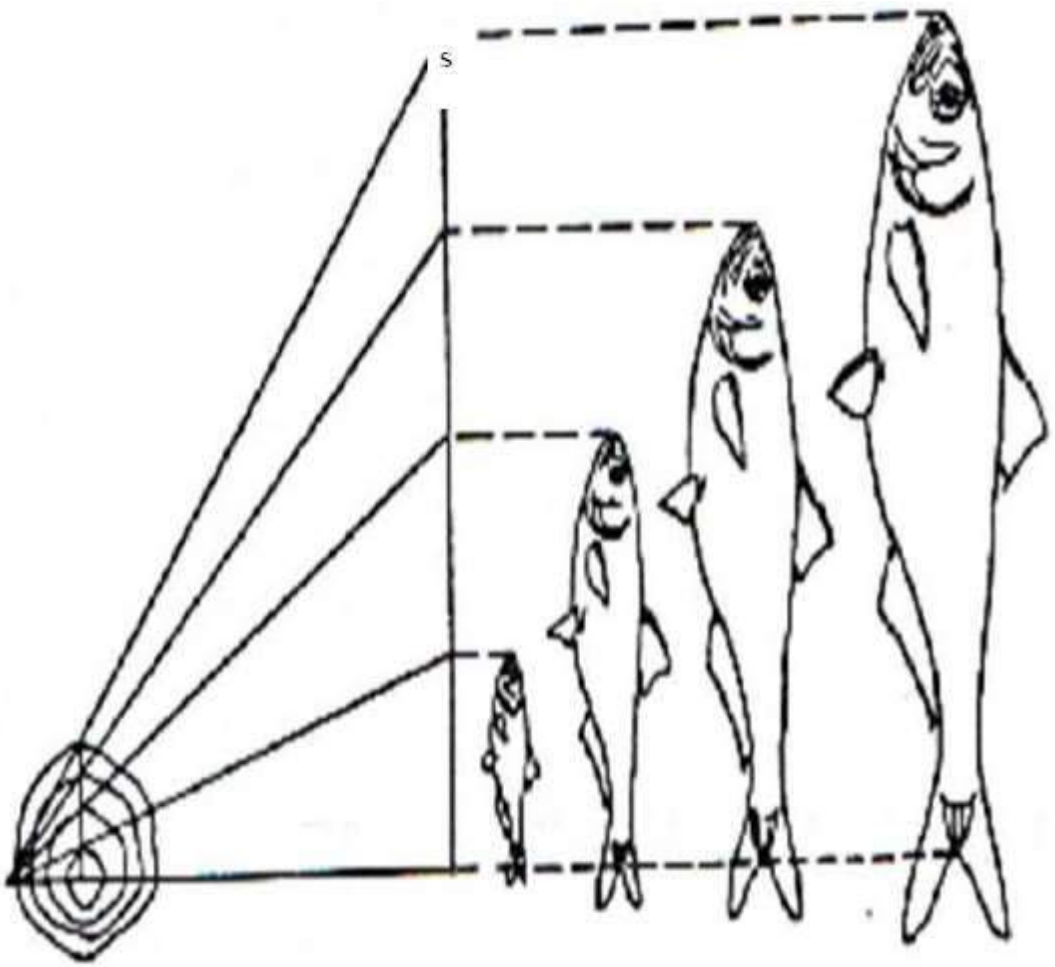
شكل (57) القياسات الجسمية

إن أهم القياسات التي يمكن إجراؤها على السمكة المصيدة هي:

*الطول الكلي Total length (LT): وهو طول السمكة من بداية المخطم إلى أبعد نقطة من الأشعة الزعنفية الذنبية.

*الطول القياسي Standard length (LS): وهو طول السمكة من بداية المخطم وحتى نهاية الجسم المغطاة بالحراشف أو نهاية العمود الفقري (إن كانت الحراشف غير موجودة أو كانت تغطي جزء من الزعنفة الذنبية لدى بعض الأسماك).

*الطول الشوكي Fork length (LF): وهو طول السمكة من بداية المخطم وحتى النهاية الغضروفية للأشعة الذنبية الوسطية (أي نقطة انشطار الزعنفة الذنبية).



شكل (58) التناسب المباشر بين معدل النمو في طول الجسم ونصف قطر الحرشفة

وهنالك قياسات أخرى لها أهميتها في دراسة الأسماك وهي:

1- طول الرأس (HL): هي المسافة من بداية المخطم حتى الحافة الخلفية من الغطاء الغلصمي.

2- العمق الأقصى للجسم (H): هي المسافة من أعلى نقطة من الظهر (عادة تكون أمام الزعنفة الظهرية) حتى أدنى نقطة في البطن.

3- محيط الجسم (O): هي المسافة المحيطة بالجسم أمام الشعاع الأول من الزعنفة الظهرية.

4- عرض الجسم الأقصى (M): هي المسافة بين أبعد نقطتين على جانبي الجسم وتؤخذ عادة من منطقة جانبي الجسم تحت الزعنفة الظهرية أو أمامها بقليل.

قياسات الوزن:

يؤخذ وزن الأسماك الحية أو المخدرة أو الميتة حديثاً أو المحفوظة بالتجميد أو المواد الحافظة وغالباً ما يكون تقدير العمر غير دقيق نظراً للاختلاف في درجة امتلاء القناة الهضمية بالغذاء أو بكمية الماء الذي تبتلعه الأسماك أثناء الصيد أو درجة النضج الجنسي.

توزن السمكة مباشرة بعد تجفيفها ويراعى في هذه الحالة السرعة والمهارة أما الأسماك الميتة أو المحفوظة فتوزن مباشرة مع مراعاة التجفيف وأحياناً تتطلب الدراسة أخذ وزن السمكة بعد نزع الأحشاء منها أو قطع الرأس.

إن وزن السمكة يدخل في معادلات حسابية لتقدير العلاقة بين الطول والوزن ومعامل الحالة وتستخدم استمارة خاصة لمليء المعلومات الخاصة بذلك الموضحة في نموذج (4) وتخصص لكل نوع من الأسماك استمارة خاصة تملها لكل محطة.

في بعض الأحيان تتطلب الدراسة معرفة كمية الغذاء أو عدد البيوض مما يتطلب قياس وزن المعدة والمبايض على التوالي.

استمارة نموذج رقم (4)

اسم المسطح المائي ..... التاريخ .....

طريقة جمع العينات ..... اسم الجامع .....

نوع السمكة .....

ت	طول السمكة	وزن السمكة	جنس السمكة	عمر السمكة	الملاحظات

العلاقة بين القياسات الحيوية (البيولوجية) للأسماك التي يعتمد عليها في بناء المؤشرات الحيوية للأسماك:

إن وجود السمكة في بيئة معينة يعطيها مؤشرات حيوية معينة ففي حالتي البيئة والتغذية الجيدتين تكون السمكة بحالة جسمية جيدة ويعبر عنه بمعامل الحالة وهو علاقة التي تربط بين الطول والوزن نسبياً وعلى شكل نسبة الوزن إلى حجم السمكة ويعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$\text{معامل الحالة} = \frac{\text{وزن الجسم الكلي} \times 100}{\text{مكعب الطول الكلي}}$$

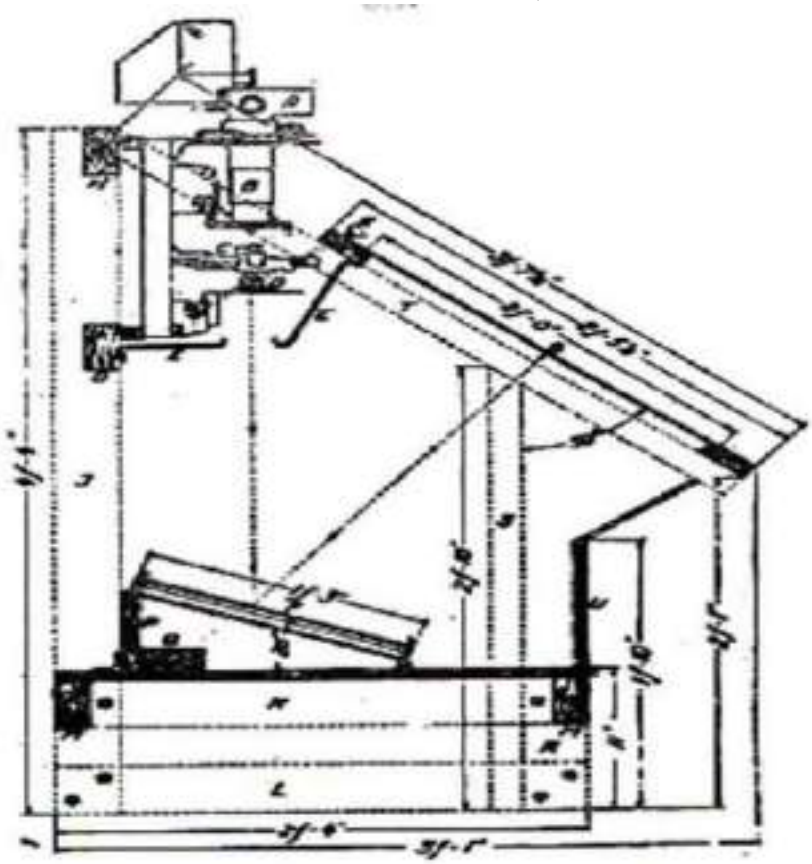
وتختصر هذه المعادلة بالشكل التالي:

$$C = \frac{W}{L^3} \times 100$$

ويوضح معامل الحالة متابعة التغيرات الموسمية والشهرية في الأسماك المرباة وحسب العمر والجنس والفروقات بينهم وبين المناطق والمزارع والأحواض المختلفة لنفس المزرعة وأن استعمال معامل الحالة واسع وعملي حيث يمكن اعتباره أحد مؤشرات الإنتاجية الحقيقية للأحواض أو المسطحات المائية.

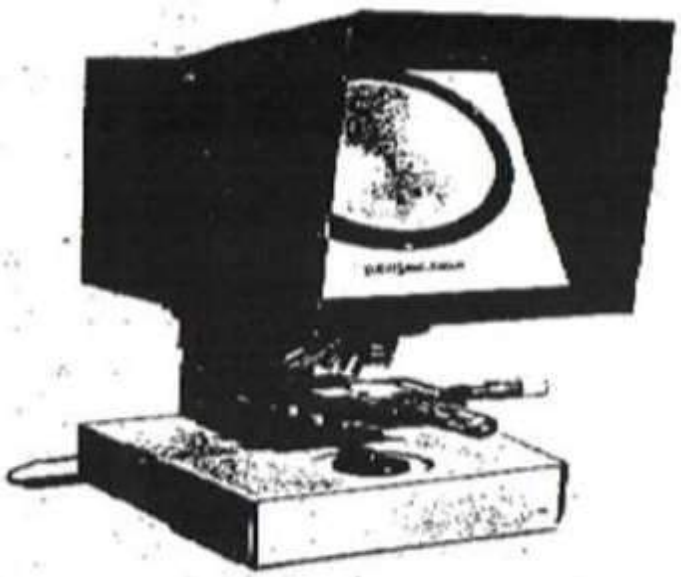
جمع الحراشف:

تؤخذ الحراشف من الأسماك وهي طازجة بعد غسلها ومسحها للتخلص من أية عوائق غريبة يمكن أن تكون عالقة في جسم السمكة بوساطة ملقط مدبب. وعادة تؤخذ الحراشف من المنطقة الأمامية من الجسم والمحصورة بين الزعنفة الظهرية والرأس وفوق الخط الجانبي ويفضل أخذ من (10–20) حرشفة لضمان دقة تقدير العمر. تحفظ الحراشف وهي جافة في ظرف ورقي مكتوب عليه بعض المعلومات الخاصة برقم السمكة حسب ترقيم الشخص الذي يقوم بالدراسة ونوعها وطولها ووزنها وأحياناً تنظف الحراشف بمحلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيز (5%) قبل فحص الحراشف يفضل وضعها في شريحتين زجاجيتين بعد تثبيت جانبيها لضمان عدم تجعد والتفاف جوانب الحرشفة وتكتب المعلومات المطلوبة على الشريحة ثم تعاد إلى الظرف الورقي الخاص بها لحين فحصها، تفحص الحراشف تحت المجهر أو بوساطة مجهر فحص الحراشف.



شكل (59) مخطط لجهاز قراءة الحراشف

يحضر بشكل مؤقت حيث توضع الحرشفة بين شريحتين زجاجيتين فتصبح منبسطة ومضغوطة بعد ربط الشريحتين بواسطة شريط مطاط ، تهيئ الحراشف بهذه الطريقة أما بشكلها الجاف أو الرطب



شكل (60) جهاز فحص الحراشف

تقدير العمر بوساطة الحراشف:

يمكن حساب العمر بإضافة سنة واحدة لكل حلقات فاتحة تعقبها حلقات غامقة وأن المسافة بين الحلقات السنوية لها علاقة بالنمو فكلما زاد طول السمكة (بسبب النمو) بعدت المسافة بين الحلقات السنوية.

تظهر الحلقات السنوية بنوعين مختلفين خلال فصول السنة تظهر الحلقات السنوية معتمة أو غامقة بسبب تقاربها وسببه هو قلة التغذية التي تؤدي إلى بطئ النمو فهناك النمو البطيء الذي يحدث في فصلي الخريف والشتاء حيث تنخفض درجات الحرارة. أما في فصل الربيع والصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة وزيادة قابلية السمكة على التغذية لكون الاسماك من ذوات الدم البارد فيحصل لها نمو سريعاً وبذلك تتوسع حلقات النمو وتثبته وبلون فاتح.

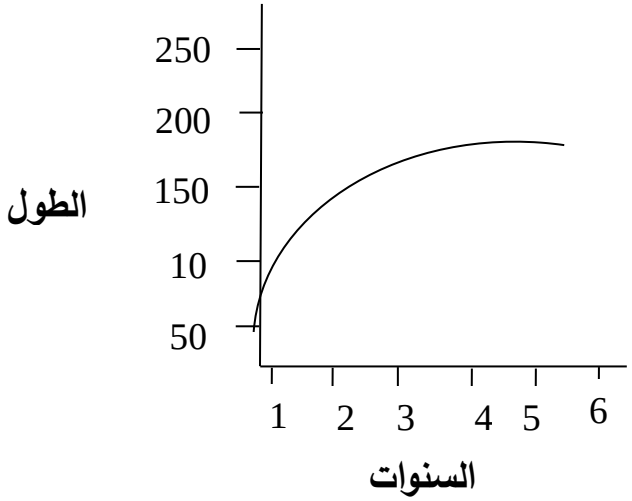
أحياناً تبدو الحلقات الغامقة متباعدة عند النمو الشتوي أو تكون حلقات غير كاملة أو غير منتظمة تهمل لأنها تمثل فترة نمو قصير أثناء الشتاء حيث ترتفع درجات الحرارة بصورة مؤقتة أو طارئة فتبدأ الأسماك بالتغذية والنمو ثم تتوقف مرة أخرى بسبب عودة الانخفاض في درجات الحرارة وتدعى هذه بالحلقات الكاذبة حيث أنها لا تمثل النمو الموسمي.

يبدو وسط الحرشفة في أحيان أخرى بدون حلقات سنوية واضحة بينما تحيط بهذه المنطقة حلقات سنوية واضحة وتدعى هذه الحراشف بالحراشف المستبدلة أو المعاد تكوينها وهذا يعني أن الحرشفة تكونت مكان حراشف أخرى وقعت أثناء حياة السمكة أما بسبب ميكانيكي كالاحتكاك أو بسبب فسلجي كالمرض ولا تعتمد في قياس العمر.

طرق دراسة النمو في الأسماك :

يمكن تعريف النمو في سائر الحيوانات بأنه إضافة أجزاء بروتينية (لحمية) أو تركيبية إلى حجم الحيوان ويقاس النمو في الأسماك على أساس الزيادة الوزنية الحاصلة في الجسم وذلك لأن الوزن يتغير حسب درجة امتلاء القناة الهضمية بالغذاء وموسم النضج الجنسي وهنالك عدة طرق لدراسة النمو في الأسماك تحت الظروف الطبيعية وهي:

1- العلاقة بين العمر والطول: تتضمن دراسة طول السمكة في كل مرحلة من مراحل العمر من عينات عشوائية تجمع بوسيلة صيد ذات كفاءة مقدرة سابقاً ويتكون لدينا منحنى النمو.



2- طريقة بيتر سون لتقدير العمر: ويعبر عن أطوال السمكة لكل مرحلة من مراحل العمر من خلال العلاقة بين طول السمكة على المنحني السيني وعدد تواجدها في العينة خلال فترة زمنية.

3- طريقة الحساب التراجعي: هي العلاقة بين طول السمكة ونصف قطر الحرشفة والمسافة بين مركز الحرشفة والحلقات السنوية ويحتسب طول السمكة حسب المعادلة التالية:

$$\text{طول السمكة في عمر س} = \frac{\text{طول السمكة وقت الصيد} \times \text{المسافة بين مركز الحرشفة إلى الحلقة السنوية للعمر س}}{\text{نصف قطر الحرشفة (وقت الصيد)}}$$

مثال: سمكة طولها أثناء صيدها (500 ملم) وعمرها 3 سنوات عندما كان نصف قطر الحرشفة (10 ملم) فما طول السمكة في السنة الأولى والثانية؟ علماً بأن نصف قطر الحرشفة في السنة الأولى (2 ملم) والثانية (5 ملم).

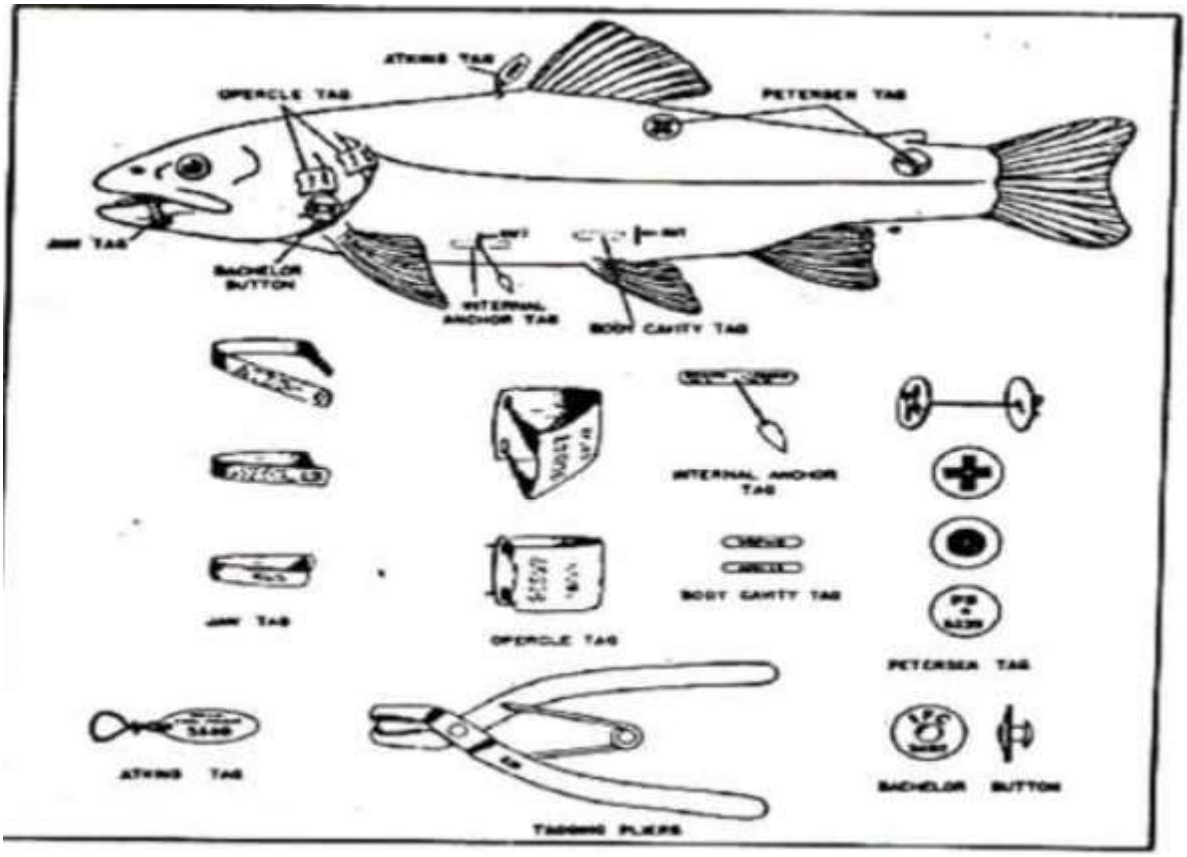
الحل: طول السمكة في السنة الأولى $= \frac{\mathbf{2 \times 500}}{\mathbf{10}} =$ 100 ملم

طول السمكة في السنة الثانية $= \frac{\mathbf{5 \times 500}}{\mathbf{10}} =$ 250 ملم

4- طريقة التعليم والترقيم:

يتم تعليم أو ترقيم الأسماك وتطلق إلى الوسط المائي وخاصة أحواض التربية ويعاد صيدها وقياس وزنها وتعد من أكثر الطرق دقة في معرفة النمو.

لعل من أهم مساوئ هذه الطريقة هي ضرورة اعتمادها الترقيم الذي يؤثر على نمو السمكة أو صحتها أو حركتها ومن وسائل التعليم هو قص جزء من أحدى الزعانف الزوجية والتي تستعمل في الأسماك البالغة، لوحظ عند قص جزء من الزعنفة الظهرية أو الشرجية يؤدي إلى إعاقة حركة أسماك عائلة السلمون، كما أن قص جزء من الزعانف لا ينفع في تعليم بعض الأسماك الاستوائية كالبلطي لأنها تستعيد الجزء المقطوع من زعانفها خلال 30 يوماً فقط مع أن غالبية الأسماك يمكنها أن تستعيد الجزء المقطوع لكن تميز الزعانف المستعادة باختلاف عروقها عن الجزء الأصلي.



شكل (61) نماذج للعلامات المستعملة لتعليم وترقيم الأسماك

لغرض التعليم يستخدم قطع معدنية أو بلاستيكية يسجل عليها رقم أو أية علامة لتعريف السمكة وتوضع على فك السمكة وأخرى حول الزعنفة الظهرية أو على الغطاء الغلصمي أو استعمال الوشم بوساطة أبر يدوية تفرز صبغة ثابتة تحت الجلد.

العلاقة بين الطول وعمر السمكة:-

هنالك علاقة مهمة يستعمل فيها الطول والعمر وهي علاقة الطول مع الحلقات السنوية للحرشفة أو صيوان الأذن أو الفقرات العظمية وما يمكن استنتاجه من هذه العلاقة لحساب الأطوال في الأعمار السابقة للعمر الآتي للسمكة المصطادة وقد توصل الباحثين وجود علاقة طردية مطلقة بين قطر ونصف قطر الحرشفة أو العظمة وطول الجسم الكلي وفيها يعتمد على حساب الطول المجهول من العمر السابقة اعتمادا على اخذ الحرشفة ودراستها، لان الحلقة السنوية الموجودة في الحرشفة تساعد على معرفة طبيعة النمو للسمكة في السنوات السابقة اعتمادا على العلاقة الطردية المطلقة بين نمو الحرشفة ونمو السمكة بأكملها بالطول.

فمعرفة قطر الحرشفة الكلي وطول قطر الحلقة المعلومة وطول جسم السمكة الكلي يمكن تحديد الزيادة للفترة المدروسة أو المراد معرفتها ولهذا يمكن استعمال المعادلة التالية:

$$\text{الطول الكلي (س)} = \frac{\text{نصف قطر الحرشفة للسنة (س)} \times \text{الطول الحالي الكلي}}{\text{نصف قطر الحرشفة الحالي}}$$

مثال: تحديد نمو سمكة لسنوات عمرها لكل سنة على حدة حيث أن عمرها 4 سنوات، الطول الكلي 40 سم نصف قطر الحرشفة المحسوب من مركز الحرشفة إلى نهايتها 6 ملم، المسافة من مركز الحرشفة إلى الحلقة الأولى 2.5 ملم من المركز إلى الحلقة الثانية 4.5 ملم، والى الحلقة السنوية الثالثة 5.5 ملم، المطلوب إيجاد طول السمكة للسنوات الثلاثة الأولى:

الحل: يتم تحويل الملم إلى السنتمتر بالقسمة على (10)

$$\text{الطول الكلي للسنة الأولى} = \frac{0.25 \text{ سم} \times 40 \text{ سم}}{0.6 \text{ سم}} = 16.6 \text{ سم}$$

$$\text{الطول الكلي للسنة الثانية} = \frac{0.45 \text{ سم} \times 40 \text{ سم}}{0.6 \text{ سم}} = 30 \text{ سم}$$

$$\text{الطول الكلي للسنة الثالثة} = \frac{0.55 \text{ سم} \times 40 \text{ سم}}{0.6 \text{ سم}} = 36.6 \text{ سم}$$

وهكذا يظهر انه في عمر سنة كان طول السمكة 16.6 سم وفي السنة الثانية 30 سم وفي نهاية السنة الثالثة 36.6 سم.

ولقياس حجم النمو خلال السنة الثانية يكون:

30 – 16.6 = 13.4 سم حجم نمو

وخلال السنة الثالثة = 36.6 – 30 = 6.6 سم حجم النمو

ومن هذا يظهر النمو الجيد لهذه السمكة كان في السنة الأولى من عمرها واستمر النمو جيدا خلال السنة الثانية الا أنه لوحظ انخفاض في النمو خلال السنة الثالثة حيث لم يزد عن 6.6 سم أما خلال السنة الرابعة كان حجم النمو 3.4 سم فقط مما يدل على سوء الأحوال البيئية وقلة توفر الغذاء خلال السنتين الأخيرتين من عمر هذه السمكة.

$$\text{الطول الكلي للسنة الرابعة} = \frac{0.6 \text{ سم} \times 40 \text{ سم}}{0.6 \text{ سم}} = 40 \text{ سم}$$

حجم النمو للسنة الرابعة = 40– 36.6 = 3.4 سم حجم الدم.

أجزاء جسم السمكة

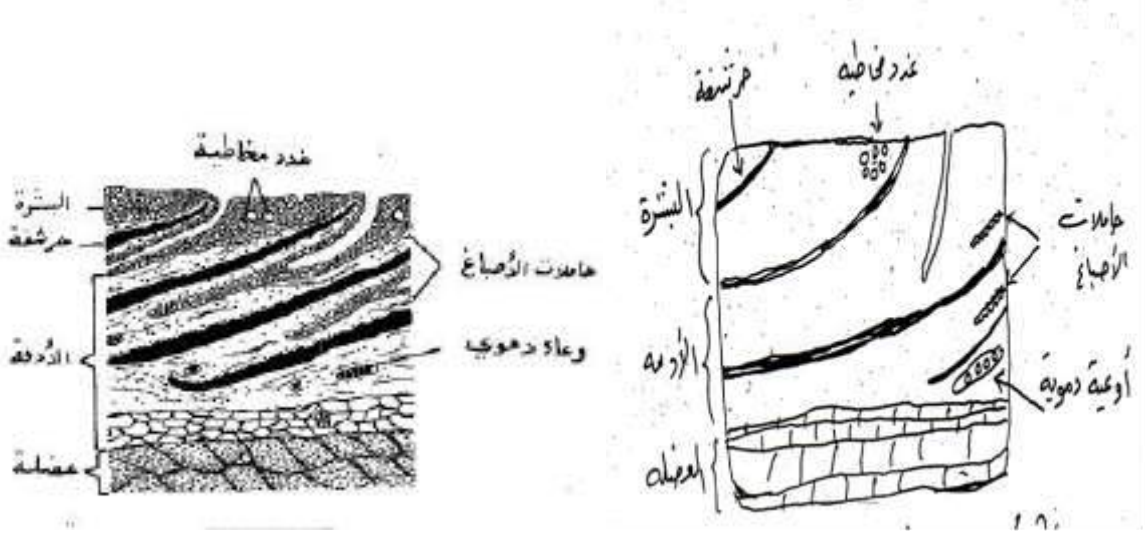
1. **جسم السمكة:** يقسم جسم السمكة إلى ثلاثة أجزاء هي الرأس والجذع والذنب وتحدد منطقة الرأس من مقدمة السمكة ولنهاية فتحة الغلاصم ويحدد الجذع من نهاية فتحة الغلاصم وحتى نهاية التجويف البطني المتمثلة بفتحة المخرج وتحدد منطقة الذنب من فتحة المخرج وإلى نهاية الجسم كما موضح في الشكل (2).
2. **غطاء الجسم:** يغطي الجسم جلد متين وهو عبارة عن طبقة من الخلايا الحية ويبطن الجلد كل فتحات الجسم ويكون شفاف فوق سطح العين كما في شكل (5) ، ويحتوي الجلد على خلايا متخصصة منها

أ. الخلايا المخاطية: هي خلايا مخاطية موجودة في الجلد تفرز مادة مخاطية تحمي السمكة من الأمراض وتسهل حركتها الانسيابية بشكل كبير وتخفف من احتكاك الجسم بالماء ولها دور فعال في تنظيم الضغط الأُزموزي بين سوائل جسم السمكة والمحيط الخارجي.

ب. الخلايا الصباغية: هي خلايا موجودة في الجلد وتحتوي الخلية الواحدة على لون واحد حقيقي أما الأسود أو الأحمر أو الأصفر أو الأزرق وتسيطر السمكة على هذه الخلايا عن طريق الأعصاب متأثرة بشدة الضوء لكي تجعل السمكة لونها مقارباً إلى لون المحيط الخارجي الذي تعيش فيه وتعتبر هذه وسيلة للحماية من الأعداء، يتغير لون الذكر في كثير من أنواع الأسماك في موسم التكاثر حتى يسهل التعرف عليه من قبل الأنثى.

ج. خلايا تطرح مادة الكوانين Guanine المتواجدة في الجلد والقشور والكيس الهوائي والجزء الأبيض من العين ولها القابلية على عكس الضوء وإعطاء لون للسمكة.

د. الحراشف: هي عبارة عن صفائح عظمية تقع فوق الجلد وظيفتها حماية جسم السمكة تتكون من طبقة عظمية خارجية وصفيحة ليفية داخلية تتألف من عدة صفحات ليفية متقاربة كما في الشكل (5).



شكل (5) يوضح مقطع من جلد السمكة

نشوء الحراشف:

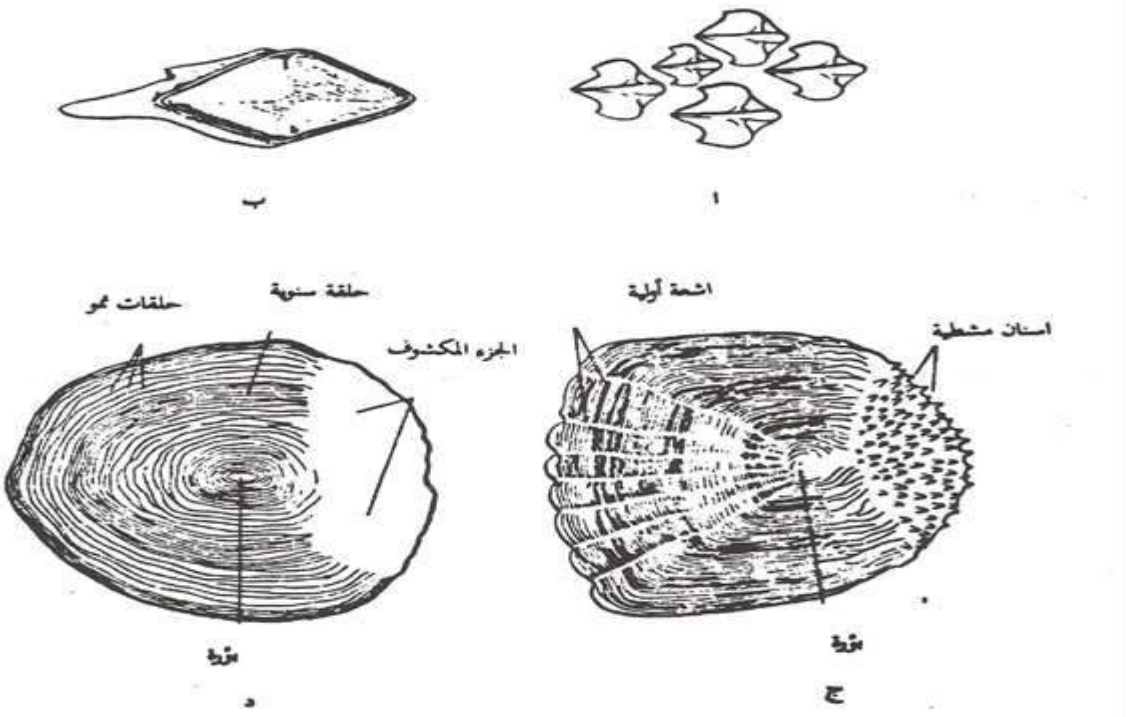
تظهر الحراشف أولاً كنسيج عظمي يحوي مادة عضوية هي الكولاجين ولا يصبح نسيجاً عظمياً متكاملاً حتى تتم عملية التعظم ، وتنمو الحراشف في منطقة الأدمة في جلد السمكة.

تنشأ الحراشف في البداية على شكل تجمع صغير للخلايا وغالباً ما تظهر في منطقة السويق الذنبي وتنتشر من هنالك إلى بقية أنحاء جسم السمكة على امتداد الخط الجانبي من الأعلى والأسفل وسرعان ما يكون هذا التجمع بداية تكوين الحرشفة الصغيرة متمثلاً بالبؤرة والذي يمثل مركز الحرشفة وهو عبارة عن منطقة صغيرة وواضحة يفترض أنها تمثل بداية تكوين الحرشفة في الأسماك الصغيرة، علماً أن جلد السمكة لا يحتوي على الحراشف عند الفقس لكن تبدأ هذه الصفائح بالظهور عندما تكون الأسماك قد وصلت إلى حجم معين ولا يكون هذا الحجم ثابتاً بل يعتمد على النوع ففي الأنواع الشائعة تبدأ الصفائح بالظهور عندما تكون الأفراد قد وصلت إلى طول 20 ملم. ومنها يبدأ تكوين دوائر النمو على شكل سلاسل عظمية متعاقبة مكونة الحرشفة النامية وتمثل حلقات النمو التي تكون على مسافات متباعدة نسبياً وبشكل متكامل في حالة النمو الجيد الا أنه عند حدوث توقف أو بطء في النمو فأن ذلك يؤدي إلى عدم اكتمال تلك الحلقات إضافة إلى تقاربها الشكل (6).

عدد الحراشف:

يبقى عدد الحراشف ثابتاً طول العمر ولكن حجم الحراشف يكبر كلما أزداد طول السمكة وهذه الظاهرة تفيد في دراسة تقدير عمر السمكة لأن نمو الأسماك يتوقف شتاءً ويظهر هذا التوقف على الحراشف.

تختلف الحراشف في الحجم والسُمك والتركيب وفي درجة ثباتها على الجسم ويعتمد شكل الحراشف في تصنيف الأسماك بسبب اختلافها حيث توجد الحراشف الدرعية الموجودة في أسماك الكواسج والحراشف الماسية في أسماك الخرفان والقصب والبشير والحراشف القرصية أو الدائرية الموجودة في معظم الأسماك العظمية الواطئة وأسماك رخوية الأشعة وهنالك الحراشف المشطية التي تحتوي على بروزات أو أشكال تشبه المشط وتمثلها الأسماك العظمية الراقية.



(ا) حراشف درعية
(ب) حرشفة ماسية
(ج) حرشفة مشطية
(د) حرشفة قرصية

شكل (6) أنواع الحراشف

مكونات الحراشف:

نلاحظ عند تفحص الحرشفة القرصية في الأسماك العظمية أنها تتكون من البؤرة والأشعة (radii) ومنها نوعان هما: الأشعة الأولية (primary radii) وهي الأشعة التي تظهر كاملة وتصل إلى حافة الحرشفة، أما الأشعة الثانوية (secondary radii) وهي الأشعة التي لاتصل إلى حافة الحرشفة. كما يلاحظ أيضاً حلقات النمو (Circuli) أو ما يسمى بالسلاسل العظمية (bony - ridges) أو الحراشف العظمية bony أو الصفائحية elasmoid كما موضح في الشكل (7).

يظهر عند سحب الحرشفة من جسم السمكة وجود منطقتان هما: المنطقة الأولى تمثل الجانب الخلفي من الحرشفة الداخلي والذي يكون شفافاً وهو الجزء الذي يكون مغطى بحرشفة أخرى في الحالة الطبيعية، أما المنطقة الثانية فتمثل الجانب الأمامي من الحرشفة (الخارجي) وهو الجزء المكشوف للخارج والذي يكون عادة داكن لاحتوائه على الصبغة.

شكل(7) الأشعة في حراشف الأسماك

إن الحرشفة الصفائحية بسيطة نسبياً، إذ تتألف من طبقة عظم خارجية ومن طبقة نسيج ضام داخلية رقيقة. تتميز الطبقة العظمية بوجود ارتفاعات متمركزة تمثل زيادات النمو أثناء حياة السمكة (شكل). توفر مسافة السلاسل والصفات الأخرى المميزة لها (الدوائر circuli) للمتخصصين بعلوم الحياة مفاتيح ألغاز لحياة السمكة. فقد تمكن تفسير العلامات السنوية (الحلقات السنوية annuli) وعلامات التزاوج وعلامات

الحوادث الأُخرى بواسطة جهاز جيد لقراءة الحراشف. تسمى الصفيحة الداخلية من الحرشفة باسم البؤرة focus وغالباً مال تسمى الخطوط المارة من البؤرة إلى حافة الحرشفة باسم الأشعة radii.

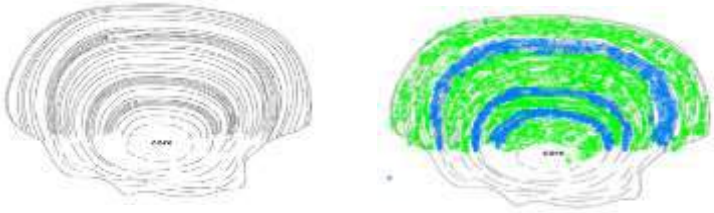
تقدير العمر في الأسماك:

تستعمل العديد من الأجزاء الصلبة من هياكل الأسماك في تقدير العمر، مثل القشور، وعظام الأذن، وعظام الزعانف والغطاء الخيشومي وفقرات العامود الفقري. ففي معظم الأحيان تحتوى تلك الأجزاء الصلبة على حلقات تمثل النمو السنوي أو الموسمي لتلك الأجزاء والذي عادة يكون مرتبطاً بالنمو السنوي أو الموسمي للأسماك ذاتها. وتعد قشور الأسماك وبعض عظام الأذن الداخلية (حصاة الأذن) الأوسع استعمالاً لتقدير عمر الأسماك نظراً لسهولة تجميعها وحفظها لفترات طويلة لحين قراءتها تحت الميكروسكوب.

ولقد وجد أن هذه الطريقة من أفضل الطرق استعمالاً لمعرفة عمر السمكة وذلك لأن تجميع الأجزاء الصلبة للهيكل العظمي أو الأنسجة شبه (الصلبة) العظمية أو المتكلسة تنمو عادة بزيادة طبقات أو حلقات نمو مستمرة طوال فترة حياة السمكة.

تتميز الأجزاء الصلبة المذكورة آنفاً بتواجد حلقات تكون مناطق شفافة ومناطق المعتمة تمثل فترتي توقف النمو وزيادة النمو حيث تنشأ بفعل عدم انتظام النمو نتيجة التغيرات الموسمية في الغذاء ودرجة الحرارة والتبويض. ففي الشتاء عندما يقف النمو تعاني هذه الأنسجة من إعادة الامتصاص للغذاء وعندما يعاود السمك النمو في الربيع تحدث علامات واضحة على الأنسجة المتكلسة تعرف بالحلقات والتي تستخدم في تحديد عمر السمكة وأهم تلك الأنسجة المتكلسة القشور وحصاة الأذن.

Scales can indicate age of fish



Rings close together = winter growth
Far apart = summer growth

How old is this fish?

حرشفة سمكة سلمون تبين تباعد حلقات النمو في حالة النمو الطبيعي وتقاربها وتقاطعها في حالة توقف او بطء النمو، ثم عودة النمو الى الحالة الطبيعية مرة اخرى.

شكل (8) متابعة حالة النمو في الأسماك من خلال الحرشفة

الزعانف:

هي عبارة عن مجموعة من أشعة أصلها عظمي ومتصلة مع بعضها بوساطة غشاء جلدي رقيق والأشعة هذه أما أن تكون بسيطة التركيب أو سلامية أو أحادية قوية أو متشعبة بسيطة، تستعمل السمكة الزعانف للموازنة والحركة وتكون إما مفردة أو زوجية، والزوجية مثل الزعنفة الكتفية وتقابل الأطراف العليا والحوضية وتقابل الأطراف السفلى في اللبائن، أما الزعانف الفردية فهي الظهرية والمخرجية والذيل، وتوجد زعنفة شحمية خلف الزعنفة الظهرية وتستعمل الزعانف للحركة والموازنة، أما الذيلية فتكون للتوجيه ويستفاد من مواقع الزعانف على الجسم وشكلها وعدد الأشعة اللينة أو الصلبة فيها للوصول إلى التسمية الصحيحة للسمكة.

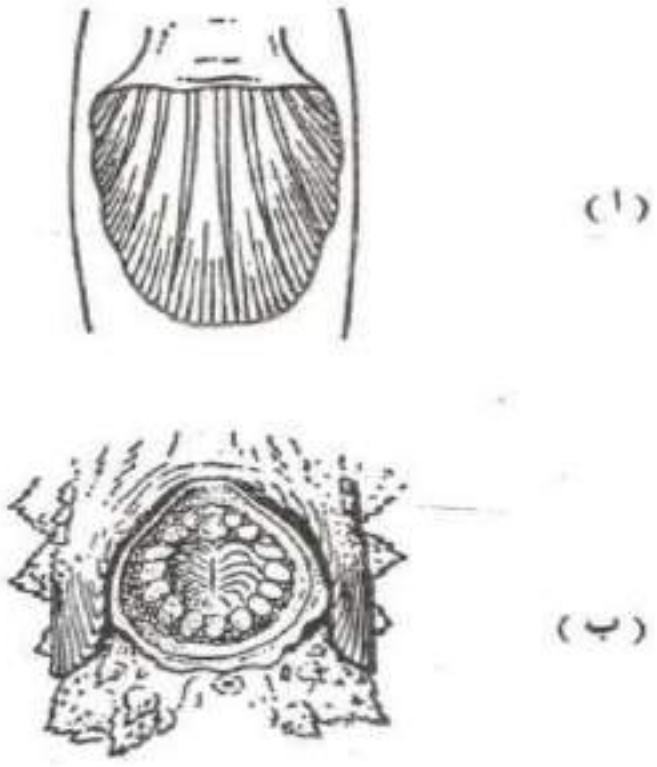
1- الزعانف الزوجية: وتشمل الزعانف الكتفية والحوضية.

أ. الزعانف الكتفية Pectoral girdle:

تدعم الزعانف الكتفية بأشعة رخوة وتحمل بوساطة حزام الكتف وتكون على جانبي الجذع وظيفتها الطبيعية في الأسماك المتطورة لمساعدتها على الحركة والاستدارة والتوقف الفجائي والاستفادة منها في إظهار العروض العدوانية لأفزاع أعداءها، وقد تتقدم وتختزل في مجاميع قليلة من الأسماك كما في الأسماك المتطاولة فيمكنها من شق طريقها بصورة ملتوية في القاع، وتتوسع الزعانف الكتفية في أسماك عروس البحر لكي تمكنها من الوقوف عالياً فوق الماء، وتنمو بشكل كبير كما في الأسماك الطيارة التي تمكنها من الطيران في الهواء لمدة 20 ثانية وبمسافة تصل إلى 125 متر أو أكثر.

ب. الزعانف الحوضية Pelvic girdle:

وهي زعانف أصغر من الزعانف الكتفية وتحمل بوساطة حزام الحوض وتكون فائدتها قليلة جداً في حركة السمكة وتقتصر وظيفتها على الموازنة والتوقف وموقعها غير ثابت في الأسماك ففي الأسماك ذات الأشعة الرخوية تكون بطنية الموقع بينما تكون في منطقة الصدر تحت الزعانف الكتفية في العديد من أسماك ذات الأشعة الشوكية وقد تتقدم على الزعانف الكتفية لتكون ذات موقع ودجي (أي على جانب السمكة) كما في أسماك القد (الكود) وقد تتحور الزعانف الحوضية في ذكور الكواسج والقوابع والخرافيات إلى أعضاء ولوج لإدخال الحيامن في جسم الأنثى عند التزاوج وتستعمل الزعانف الحوضية في عدد من الأسماك القاعية للمساعدة في تثبيت الأسماك في مواقعها بالقاع كما في أسماك الآسقلبين ، وكما تتحور إلى تراكيب ماصة في أسماك القوبيون والأسماك الملتصقة وفي أسماك المكتنز تساعدها في الالتصاق وتثبيتها في القاع وقد تفقد هذه الزعانف في الأسماك عديمة الفكوك وبعض الأسماك الفكية كالأنقليس.



شكل (9) تحور الزعنفة الحوضية إلى تراكيب ماصة في أسماك القوبيون (أ) وأسماك الساقر المكتنز (ب)

2- الزعانف المفردة:

هي الزعانف التي تقع على محور السمكة والمتمثلة بالزعنفة الظهرية والذنبية والمخرجية وتتواجد هذه الزعانف في معظم الأسماك وتوجد زعنفة شحمية صغيرة على السويق الذنبي قد تفقد في بعض الأنواع.

أ. الزعانف الظهرية:

تفيد الزعانف الظهرية في الموازنة والمساعدة على تحقيق تغييرات سريعة في الاتجاه ويمكن استعمالها في التوقف بالتنسيق مع الزعانف الذنبية والمخرجية، قد تختزل الزعنفة الظهرية في الأسماك إلى بضع أشواك كما هو الحال في الأسماك أبو شوكة وتتحور الزعانف الظهرية إلى قرص ماص في أعلى الرأس كما في أسماك الشلك وتستفاد منه في لصق السمكة بالكواسج وانتقالها بدون جهد.

ب. الزعانف المخرجية:

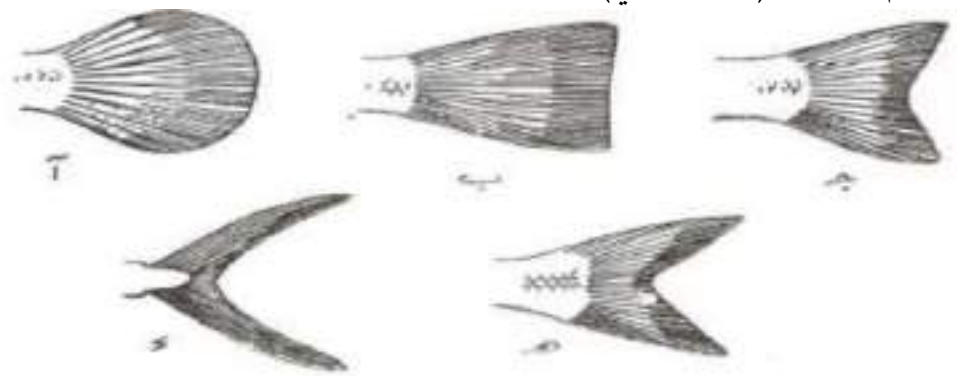
توجد الزعنفة المخرجية قرب فتحة المخرج وقد تفقد في بعض الأسماك مثل الخرافيات والقوابع وبعض الكواسج ، كما قد توجد أكثر من زعنفة مخرجية واحدة كما في أسماك الكود وقد تتحور إلى أعضاء إيلاج كما في الأسماك الولودة.

ج. الزعنفة الدهنية (الشحمية):

هي زعنفة لينة تكون في الظهر خلف الزعنفة الظهرية وإلى الأمام فقط من الزعنفة الذيلية. وهي غائبة في كثير من أنواع الأسماك، ولكن وجدت في السالمون، وفصيلة الخراقينية وسمك السلور. وظيفتها مجهولة ويعتقد أن لها وظيفة أو دور للاستكشاف والاستجابة للمنبهات مثل اللمس والصوت والتغيرات في الضغط ومن المرجح أن لها وظيفة حسية.

د. الزعنفة الذنبية:

يوجد اختلاف في أشكال الزعانف الذنبية للأسماك كما في الشكل (10) وبصورة عامة تكون هلالية الشكل ويلاحظ أن السويقة الذنبية تكون ضيقة في أسرع الأسماك سباحة ، أما الزعانف المقطوعة أو المدورة أو المسننة فتوجد في الأسماك بطيئة السباحة ، في حين تمتاز الأسماك ذات الزعانف الذنبية الصغيرة أو المستمرة مع الزعنفة الظهرية والمخرجية لأن تكون سابحات ضعيفة أو قد تتحرك بطريقة التموج على القاع.



شكل (10) أشكال الزعانف الذنبية

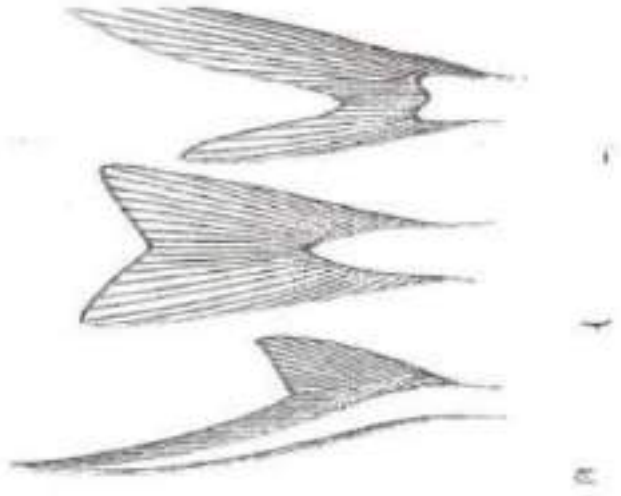
(أ) مدورة (ب) مقطوعة (ج) مسننة (د) هلالية (هـ) مشطورة

نتيجة لاختلاف أشكال الزعانف الذنبية فهي تعتمد لغرض تصنيف الأسماك فمنها:

أ. الزعانف الذنبية التي تتساوى فيها شفرتا الزعنفة وموجودة في أسماك التونة والأسقمري.

ب. الزعانف الذنبية التي تكون الشفرة العليا أكبر من السفلى وهذا النوع يسهل حركة الأسماك إلى الأعلى وموجودة في أسماك الكواسج والحفش.

ج . الزعنفة الذنبية التي تكون الشفرة السفلى فيها متطورة ونامية أكثر من الشفرة العليا والتي تسهل حركة الأسماك إلى الأسفل والمتواجدة في الأسماك الطيارة وأسماك الأبراميس الموضحة في الشكل (11).



شكل (11) أنواع الزعانف الذنبية في الأسماك

أ. الشفرة العليا كبيرة.

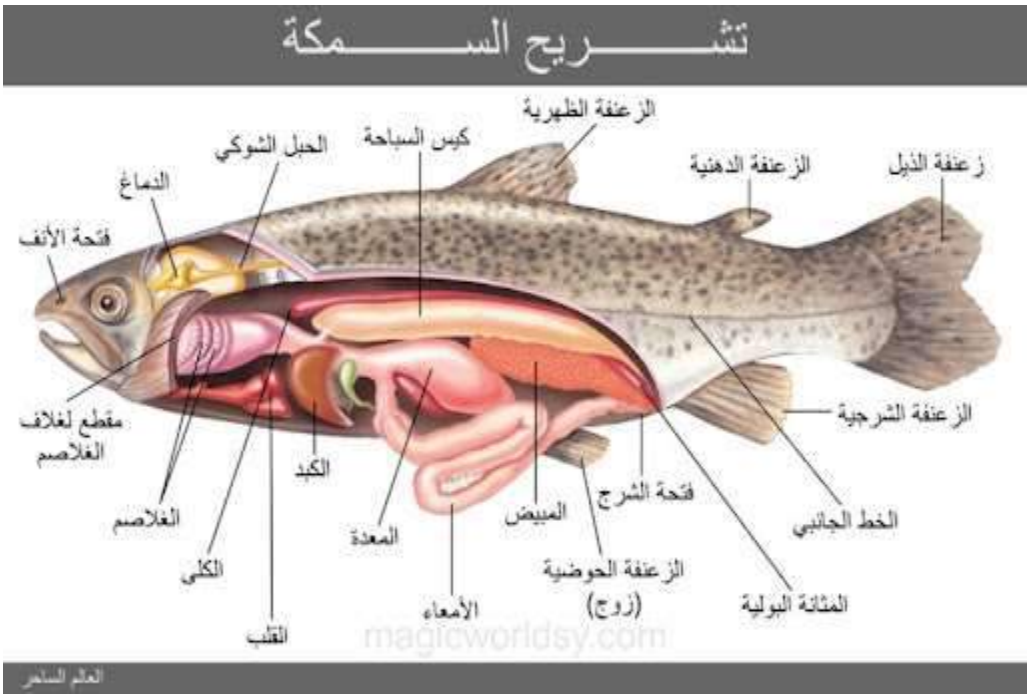
ب. متساوية الشفرتين.

ج. الشفرة السفلى كبيرة.

التشريح الداخلي للسمكة

الجهاز التناسلي

يتكون الجهاز التناسلي الذكري من الخصيتين والوعاء الناقل الذي يفتح إلى الخارج عن طريق الفتحة المشتركة. أما الجهاز التناسلي الأنثوي فيتكون من المبيضين وقناتي البيض ثم الفتحة المشتركة، فضلاً عن هذه الأعضاء التناسلية فإن الغدد الصم تودي دوراً كبيراً في السيطرة على عملية التكاثر بإطلاقها الهرمونات المحفزة ومن أهم هذه الغدد هي الغدة النخامية التي تفرز هرمونات تحفز المبايض أو الخصى على التكوين وإطلاق البيوض والحيامن. ويكون الإخصاب في الأسماك العظمية خارجياً في أغلب الأنواع فيما عدا بعض أنواع أسماك الزينة التي يكون فيها الإخصاب داخلياً.



الشكل (56) التشريح الداخلي لأنثى سمكة عظمية

الإخصاب والتكاثر في الأسماك

بصورة عامة هناك ثلاثة طرائق لتكاثر الأسماك.

1. التكاثر الجنسي:

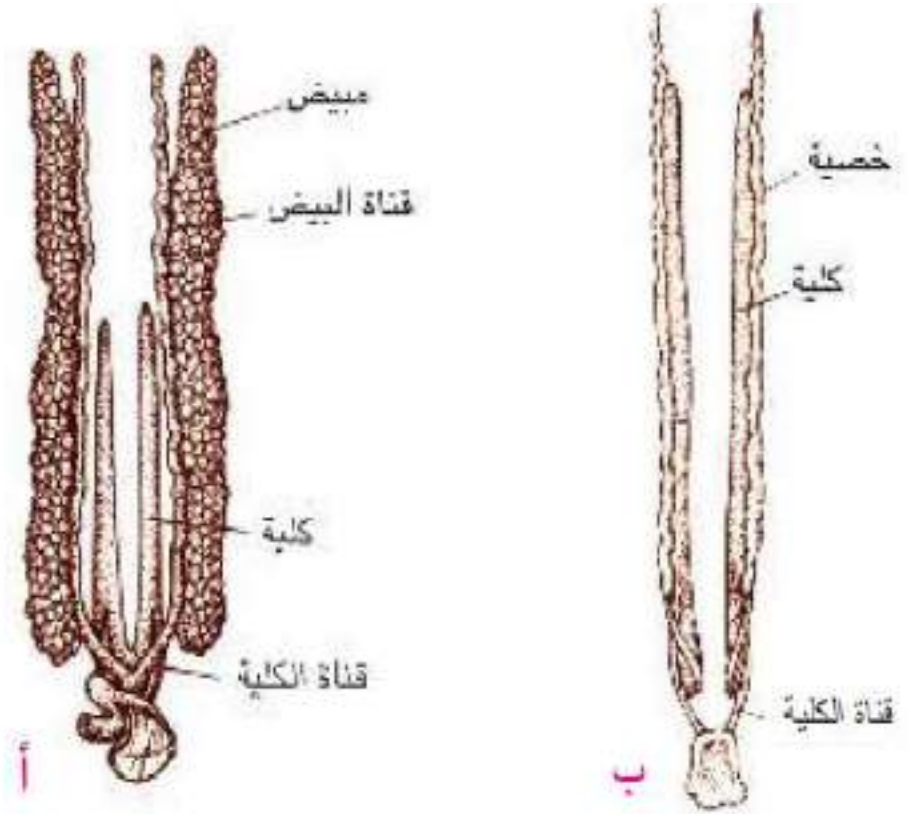
ويتم عن طريق تزاوج الذكور الحاملة للحيامن والإناث المنتجة للبيوض لتكوين البيضة المخصبة (zygote) وهو النوع الأكثر شيوعاً.

2. التكاثر الخنثي:

وفيه يحدث الإخصاب الجنسي في السمكة نفسها والتي تحمل الأعضاء الذكرية والأنثوية في نفس الوقت ويدعى بالإخصاب الذاتي كبعض أنواع أسماك القط.

3. التكاثر العذري:

وهو تطور الجنين في السمكة نفسها بدون إخصاب ويحدث في بعض أنواع الأسماك الاستوائية.



الشكل (57) الجهاز البولي التناسلي في سمكة عظمية

(أ) أُنثى

(ب) ذكر

الفروقات بين الجنسين في الأسماك:

يمكن تميز الجنسين عن بعضهما في موسم التكاثر وذلك بالتعرف على البيوض أو الحيامن فيضغط أو يعمل مساج خفيف على المنطقة البطنية فان الأسماك الذكرية الناضجة تطلق الحيامن أما الإناث الناضجة فتطلق البيوض من الفتحة المشتركة.

هناك خصاص للتفريق بين الجنسين هي:

1. الخصائص الأولية:

وهي التعرف على الجهاز التناسلي وقد تحتاج هذه الطريقة إلى التشريح للتأكد من نوع الجنس عن طريق ملاحظة الفروقات التشريحية للأعضاء التناسلية والتي من خلالها يتم التفريق بين الجنسين وتكون مضمونة النتائج.

2. الخصائص الثانوية:

حيث يمكن التفريق بين الجنسين دون الحاجة إلى تشريح الأسماك وهي طريقة سهلة ولكنها قد لا تكون أكيدة بشكل قطعي ويمكن التفريق من خلال ملاحظة بعض الفروقات في شكل الجسم فالإناث تكون عادة أكثر امتلاء في منطقة البطن في موسم التكاثر نتيجة لحملها البيوض كما أن بعض الذكور قد تحتوي على أعضاء تناسلية متحورة إما من الزعنفة الشرجية أو من زوائد تتكون بسبب الهرمونات لهذا الغرض، أو يمكن التميز بين الجنسين من خلال ملاحظة التلون في الأسماك وهي إحدى الخصائص الجنسية لجذب الجنس الآخر وبصورة عامة تكون الذكور ذات ألوان براقة أكثر من الإناث. كذلك بعض الذكور من عائلة السالمون يتغير شكل الفم.

التكاثر في الأسماك:

التكيفات التشريحية تكون كل من الخصى والمبايض عبارة عن تراكيب مزدوجة معلقة بواسطة مساريق في سقف الجوف الجسمي على مقربة من الكلى.

خلال موسم التكاثر تكون الخصى عبارة عن تراكيب ناعمة بيضاء لا يزيد وزنها عادة عن 12% من وزن السمكة بينما تكون المبايض عبارة عن تراكيب كبيرة الحجم مصفرة اللون وحبيبية المظهر ويتراوح وزنها بين 30– 70% من وزن السمكة. تحمل بعض الأسماك الخنثية التابعة إلى عائلة ذئب البحر مبايض وخصى في نفس الوقت.

تطرح أسماك عائلة السلمون الحيامن بشكل مباشر إلى تجويف الجسم وتخرج عن طريق الفتحة التناسلية أما الأسماك الغضروفية تمر الحيامن خلال قناة مشتركة مع الكلى وتطرح خارجاً، أما في الأسماك الكاملة التعظم الحديثة فهنالك قناة منوية منفصلة خاصة وتسلك البيوض الخارجة من المبيض نفس طريق الحيامن

مع وجود بعض التكيفات الخاصة في أقنية البيوض والمبايض في الأسماك التي تحتفظ بالبيوض المخصبة أو الصغار.

إن التمايز الجنسي بين الذكر والأنثى الأكثر وضوحاً هو الاختلافات في الحجم حيث تكون عادة الإناث هي الأكبر وأكبر فرق في الحجم موجود في الأسماك الصائدة القرنية حيث تكون الأنثى اكبر عدة مرات من الذكور وفي بعض الأنواع يتعلق الذكر بجلد الأنثى بواسطة أسنانه ويصبح عبارة عن طفيلي جاهز لتلقيح الإناث عند وقت التكاثر، وضمن الأسماك الولودة تكون الإناث كقاعدة عامة اكبر من الذكور.

الاختلافات اللونية بين الجنسين تكون الذكور ذات ألوان براقة وهي في العادة تكون ظاهرة موسمية في الأسماك لغرض زيادة فرص نجاح التكاثر، وأيضاً قد تحصل للذكور تحورات تركيبية مؤقتة ومن أمثلتها الحدبة كما في ذكور اسماك السلمون وحلمات التزاوج وهي عبارة عن بروزات صغيرة متفرقة تنمو على الزعانف أو الرأس أو الجسم خلال موسم التكاثر، كما توجد أعضاء التلامس في عدد كبير من العوائل السمكية وهي تشبه الحلمات الا أن لها جزء مركزي أو عظم وتنتشر هذه في المواقع التي من المحتمل أن تلامس الإناث خلال موسم التكاثر حيث تعمل على تحفيزها وقد استفاد من أعداد هذه التراكيب وأنماط توزيعها المختلفة في الأسماك مما جعلها أداة مفيدة في مجال التعشق.

التكيفات السلوكية:

للأسماك أنماط مختلفة من السلوك للتكاثر المرتبط بالبيئة الخاصة للنوع ومع التكيفات المظهرية ويعتمد عليها في بناء تصنيف بيئي للأسماك يستند على استراتيجية التكاثر. إن الظروف البيئية لمواقع التكاثر المختلفة من درجة حرارة وجريان الماء والأوكسجين التي تؤدي دوراً هاماً في تطور البيوض وبقائها.

قد تواجه الباحث صعوبات في الحصول على عينات الماء لغرض قياس الأوكسجين من بين الحصى أو قرب السطوح الطينية للقاع حيث تضع بعض الأسماك بيوضها. وفي الحقيقة يمكن أن تكون كمية الأوكسجين في مثل هذه المواقع منخفضة جداً وقد تصبح عاملاً محدداً لتطور البيوض، إن مواقع وضع البيض في المياه الضحلة الراكدة تخضع لتغييرات كبيرة في الضوء والحرارة وللأوكسجين عن بقية المسطح المائي.

تحتاج الفترة من التلقيح وحتى فقس البيوض إلى مدى معين من درجات الحرارة وكمية كافية من الأوكسجين وتزداد متطلبات الأوكسجين مع التطور الجنيني وتتأثر كمية الأوكسجين مع درجة الحرارة وان

كلا العاملين (درجة الحرارة والأوكسجين) قد تعجل أو تبطئ من أدوار التطور الجنيني وإن المدى الأمثل للتطور الطبيعي لفترة الحضن تقصر كلما ارتفعت درجة الحرارة. وتؤثر العوامل الخارجية ومدة تأثيرها ونوعية البيوض على تطور البيوض والتي تؤدي دوراً هاماً في بقاء اليرقات.

تعتمد عملية التكاثر على نظام الغدد الصم المرتبط بالتغيرات الموسمية المعتمدة على درجة الحرارة والضوء لكي تضمن حدوث التكاثر في أفضل الأوقات والأماكن. إن وضع السرء هي الحلقة النهائية في سلسلة سلوكيات التكاثر التي تتطلب فعاليات متتابعة للذكور والإناث. تضع الإناث البيوض في السرء على مساحة كبيرة وبفترات متقطعة عديدة ومتتابعة وان هذه العملية ترفع من فرص بقاء البيوض عند تعرضها إلى ظروف غير ملائمة خلال فترة التطور.

السرء Spawn: هي البيوض أو النطاف التي تطرحها أو تطلقها الحيوانات المائية (أغلب الحيوانات المائية باستثناء الثدييات المائية تتكاثر بواسطة السرء). يحتوي السرء على خلايا تكاثرية(أمشاج) الحيوانات المائية والتي ستخصب وتكون الذرية. تتضمن عملية السرء إطلاق الأنثى للبويضات، عادة بكميات كبيرة، ويقوم الذكر في الوقت ذاته بإطلاق الحيامن أو اللقح(لتلقيح البيوض).

تكيفات النمو والتطور:

تعكس تكيفات النمو والتطور للبيوض والأجنة واليرقات واليافعات للأسماك السلوك التكاثري والبيئي للآباء. يمكن تقسيم تكيفات النمو والتطور في الأسماك إلى خمس مراحل هي الجنينية واليرقية واليافعة والبالغة وأخيراً الشيخوخة:

أولاً :المرحلة الجنينية: هي المرحلة التي يكون فيها الجنين النامي معتمداً اعتماداً كلياً على ما توفره الأم من غذاء أما عن طريق المح الموجود في البيضة أو بشكل مباشر عن طريق المشيمة الكاذبة كما في حالة الأسماك الولودة وتقسم هذه المرحلة إلى ثلاث هي مرحلة التفلق والجنين والجنين الحر:

التفلق: هي الفترة بين أول انقسام للخلية وظهور بدايات تميز الأجهزة وبصورة خاصة الصفيحة العصبية.

الجنين: هي المرحلة التي يصبح فيها الجنين متميزاً كجنين فقريات حيث تكون معظم الأعضاء قد ظهرت وتنتهي بالفقس.

الجنين الحر: هي المرحلة التي يصبح فيها الجنين حراً من غلاف البيضة وفيها يصبح أكثر شبها بالسمكة الا إنه يبقى معتمداً على المُح في تغطية حاجته الغذائية ويبقى في نفس البيئة التي كان عليها في المرحلتين السابقتين.

ثانياً: المرحلة اليرقية: هي المرحلة التي تبدأ فيها اليرقة القدرة على التقاط الغذاء وتتطور تراكيب يرقية خاصة منها التراكيب التنفسية وتنتهي هذه الفترة عندما يتكون الهيكل المحوري وعندما تنتهي الطية الزعنفية الجنينية وتكون هذه الفترة طويلة في الأسماك البحرية بين عدة أسابيع إلى عدة شهور وتحصل فيها أعلى نسبة هلاكات بسبب الجوع أو تعرض اليرقات إلى الافتراس.

ثالثاً: مرحلة اليافعة: هي المرحلة التي تتضمن تحولاً كبيراً لليرقة إلى اليافعة وتبدأ هذه المرحلة عندما تكتمل أعضاء الأجهزة ويتم فيها تكوين الزعانف وتبدو اليافعة كأسماك بالغة صغيرة فضلاً عن تميزها من حيث تلونها الذي يعكس البيئة التي تعيش فيها. وتستمر هذه المرحلة حتى نضج المناسل وتكون عادة أسرع فترة نمو في حياة السمكة.

رابعاً: مرحلة البالغة: هي المرحلة التي تكون فيها الأسماك قد نضجت لها الأجهزة التناسلية وتصبح السمكة ناضجة جنسياً وتتطور تراكيب من سلوكيات الأسماك لأغراض التكاثر كالتمييز في اللون.

خامساً: مرحلة الشيخوخة: وتعني التدهور الذي يرافق كبر السن في الأحياء. وفي الأسماك يتميز هذا الدور ببطء النمو في الطول وتسارع معدل الفناء والفقدان التدريجي لقابلية التكاثر وزيادة الأفراد غير الطبيعيين أو الشواذ ضمن النسل. وبصورة عامة تشيخ الذكور وتموت في سن أصغر من الإناث وتمتاز فترة الشيخوخة بتباطؤ النشاط مصحوباً بتغير في التغذية وبعض التغيرات في الشكل الخارجي تجعل من السهل التعرف على الأسماك المسنة.

التكيفات الفسلجية:

لا تكون التكيفات الفسلجية التي حصلت للأسماك ذو فائدة لإنجاح عملية التكاثر إذا ما حصل التكاثر في وقت تكون فيه الظروف البيئية غير ملائمة لبقاء ونمو الصغار وعليه ترتبط الدورة التكاثرية للأسماك مع التغييرات البيئية وبشكل خاص التغييرات الموسمية في الضوء والحرارة. إذ يؤثر هذان العاملان أما بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق أعضاء الحس على الغدد التي تنتج الهرمونات والتي تقوم بدورها بالتغييرات الفسلجية والسلوكية المناسبة لأغراض التكاثر.

تكيفات الطاقة:

توظف الأسماك جزء كبير من الطاقة لعملية التكاثر لغرض صرفها في عمليات السلوك التكاثري وإنتاج الأمشاج التناسلية وهجرة التكاثر وسلوك الاتصال الجنسي والفعالية الابوية وانتاج البيوض والحيامن وتعمل الأسماك على الموازنة بين الطاقة المصروفة للتكاثر والنمو والعمليات الايضية. وتختلف مجالات صرف الطاقة لأغراض التكاثر بين الأنواع المختلفة من الأسماك اعتماداً على ما يلي:

1- جهد التكاثر: هي كمية الطاقة المبذولة لإنتاج الصغار، أن الإناث توظف من الطاقة أكبر من الذكور لأنها تبذل جهد كبير في نضج المناسل مقارنةً بجهد أقل لما يوظفه الذكر من طاقة مصروفة لسلوكيات التكاثر مثل الحركات والعروض التي يقوم بها الذكر أثناء التزاوج وكذلك الدفاع عن المجال الذي تكون الانثى فيه موجودة فضلاً عن ان الذكور تقوم بالعناية الأبوية للصغار.

2- العمر عند النضج: إن الأسماك الكبيرة في العمر تنتج بيوضاً أكثر من الصغيرة اعتماداً على مقياس عدد البيوض في الغرام من وزن الجسم، لذا تكون للطاقة الموظفة في الأسماك الكبيرة للتكاثر أكبر من الصغيرة التي توظف طاقة أكبر للنمو وخاصةً السنة الأولى من عمرها.

3- الخصوبة: هي عبارة عن عدد البيوض في مبيض الأنثى.

الخصوبة الفعلية: هي عبارة عن الأسماك المنتجة من بيوض ملقحة والتي يصعب تقديرها في الظروف الطبيعية بسبب انتشار الأسماك حال فقسها.

وقد تكون الخصوبة قريبة جدا من الخصوبة الفعلية ويصبح هذا بشكل خاص في الأسماك الولودة بينما لا تكون هذه العلاقة واضحة في الكثير من الأنواع بسبب ما يلي:-

- يكون العديد من البيوض المطروحة غير ملقحة.
- قد لا تطرح كل البيوض المنتجة في المبيض وقد تصل نسبتها 50%.
- في الأسماك التي تسرء بشكل متكرر قد يكون في المبيض بيوضاً في مراحل نضج مختلفة وبهذا يصعب تقدير البيوض غير الناضجة في موسم التكاثر.

يعتمد تنظيم الخصوبة على الظروف البيئية وقدرة الأسماك على إنتاج البيوض ضمن الظروف البيئية المتغيرة وعلى توفر الغذاء الذي يعني وجود الطاقة جاهزة لتوظف للتكاثر فضلاً عن حجم التجمع السمكي خلال عملية السرء فعندما يكون التجمع قليل يكون من المرجح زيادة حجم الإخصاب وعندما يكون التجمع عالي تقل نسب فرص نجاح الإخصاب.

4- معدل البقاء: يتناسب معدل البقاء عكسياً مع الخصوبة إذ أن للأسماك عالية الخصوبة معدل هلاكات عالية وخصوصاً خلال فترة الأجنة الحرة والأدوار اليرقية.

إن العوامل المؤثرة على معدلات بقاء الأسماك مهما كانت يكون لها تأثير هائل على التجمع الذي تكون اليرقات جزءاً منه والتي تكون فرص بقائها ضعيفة بينما في الأسماك الولودة تكون فرص بقائها إلى المراحل البالغة كبيرة، ولكن عند إجراء الحسابات المتعلقة بالطاقة وبشكل دقيق يمكن أن نتوصل إلى نتيجة أن الطاقة الموظفة لإنتاج الصغير الواحد إلى مرحلة البلوغ تكون متشابهة بين كل من الأسماك البيوضة والولودة.

5- تكرار التكاثر: هي تكرار أو تتابع التكاثر وهو يعكس فكرة عن البيئة التي تعيش فيها الأسماك وهنالك حالتان الأولى أحادية التكاثر حيث تتكاثر الأسماك البالغة وتموت كما في اسماك السلمون الباسفيكي، والحالة الثانية هي التكاثر المتكرر وهو ما يحصل في معظم الأسماك.

وتسود الحالة الثانية ضمن الفقريات ويعتقد أن سبب شيوع هذه الحالة لان البيئات لا تكون مستقرة ويصعب توقع ما سيحدث فيها من تغيرات وعليه فليس هنالك ضمان بأن الصغار في أي موسم تكاثر معين سيكتب لهم البقاء إلى البلوغ.

تعتمد استراتيجية تكاثر كل نوع وتجمع من الأسماك على تكيفاتها المعقدة الخاصة التي تسمح له مجتمعةً بأتباع نمط التكاثر الناجح في البيئات دائمة التغير.

الهجرة في الأسماك

من الأمور الشائعة مشاهدة الحركة الجماعية المنتظمة للأسماك من مكان إلى آخر . ومثل هذه الحركة التي يمكن أن نطلق عليها مصطلح الهجرة يمكن أن تحدث على أساس فصلي أو يومي. الهجرة اليومية تكون بشكلٍ أساس لبحث عن الغذاء أو للتخلص من المفترس أما الهجرات الفصلية فهي غالباً المحيرة التي تستحق المتابعة، فعلى سبيل المثال قد تهاجر أسماك مثل التونة والسلمون والانقليس آلاف الكيلومترات في فترات زمنية قصيرة نسبياً وغالباً ما تصل في وقت محدد إلى الموقع المحدد. يمكن أن يبرز هنا سؤالان هما: لماذا تفعل الأسماك ذلك؟ وكيف تفعل الأسماك ذلك؟

السؤال الأول وهو لماذا تهاجر الأسماك ، سؤال يستحق التأمل لأنه وفي العديد من الحالات تكون الطاقة المستغلة في الهجرة عالية كما إن الأسماك المهاجرة غالباً ما تتوقف عن التغذية، فالانقليس الاوربي الذي يهاجر الى بحر السارجاسو (Sargasso sea) قرب برمودا يتوقف عن التغذية حال دخوله في المياه المالحة، وكذلك تفعل أسماك السلمون عند دخولها الى المياه العذبة وتسبح بعد ذلك مئات الكيلومترات ضد التيار . معظم هذه الهجرات تتم لأغراض التكاثر ولإعطاء فرصة للبيوض لتوضع في مكان ملائم لحضانتها وتطورها وكذلك لبقاء الصغار او اليرقات الفاقسة حديثاً (التي تكون معرضة لأكبر نسبة من الهلاكات كما سبق أن اشرنا). وكما أوضح البعض فالعديد من هذه الهجرات ذات نمط ثلاثي، إذ تسبح الأسماك البالغة ضد التيار (المحيط أو الجدول) الى أرضيات التيبيض، ثم تحمل التيارات الصغار التي لا حول لها إلى أماكن التغذية المناسبة، وحالما تصل تلك الصغار إلى أحجام معينة وتصبح سابحات فعالة تهاجر إلى أماكن تغذية الأسماك البالغة ، لهذا النمط فوائد عديدة منها:

1. زيادة فرص الأدوار البرقية في إيجاد طريقها الى البيئات المناسبة.
2. التقليل من احتمالات التنافس بين النوع على الغذاء ضمن مجاميع العمر المختلفة وهي مشكلة تؤثر في الغالب على الأسماك التي تتغذى على الهائمات.
3. التقليل من احتمالات افتراس الأسماك لأبناء جنسها (cannibalism).

تستغل الهجرة في فصل مراحل تاريخ الحياة ولا يحدث ذلك في الأسماك البلاجية مثل الرنجة والسردين وللعديد من أسماك المياه العذبة وكذلك للعديد من الأسماك البحرية القاعية. الانهار والبحيرات غالباً

ما تهاجر إلى الروافد الصغيرة لتتكاثر وتستعمل الأسماك مثل هذه الجداول الصغيرة كمناطق حضانة قبل ان تتحول عائدة الى مناطق الأسماك البالغة. أسماك الشمس (Leporis) والكرابي (Pomoxis) تصبح الصغار بلاجية بعد الفقس ثم تنجرف مع المياه السطحية لأسابيع عديدة قبل أن تستقر عند القاع ثم تتحرك نحو الساحل حيث تتجمع كأسراب وبأعداد كبيرة في المياه الضحلة ذات الأعشاب أو أماكن الحماية المشابهة. هناك أنماط مماثلة لهذا السلوك يمكن ملاحظتها في بعض الأنواع البحرية القاعية مثل الفلاوندر الشتوي *Pseudopleronectes americanus* ومختلف أسماك الصخور. وبينما تعود معظم أسباب الهجرات إلى التكاثر، فان هجرات أخرى تحصل ايضاً كاستجابة للتغييرات في الظروف البيئية وبشكل خاص درجة الحرارة وحركة المواد الغذائية ووفرتها فالهجرة الموسمية لأسماك البكور *Thunna alalunga* ، على سبيل المثال تحصل باتجاه شمال المحيط الهادي طلباً لدرجة حرارة معينة 14 مْ ، وفي أسماك الرنجة في بحر الشمال تحصل الهجرة باتجاه الشمال خلال الربيع وذلك طلباً للمياه الأكثر دفئاً والقادمة من المحيط الأطلسي، فكلما كان الماء أكثر دفئاً فان ازدهاراً أكبر للهائمات يحدث ويستغل من قبل بعض الأسماك. تتم الاستفادة في الوقت الحاضر وبشكل متزايد من المعلومات التي تتعلق باستجابة الأسماك المهاجرة لدرجة الحرارة المعينة ودرجة الملوحة المعينة وباقي الظروف البيئية وذلك للتنبه بجودة الصيد في مناطق معينة قبل أشهر من القيام بـه.

هناك عامل آخر يرفع من القدرة على التنبؤ بهجرة العديد من الأسماك هو قدرتها على ايجاد طريقها عائدة الى الموطن، وقد وثقت هذه القدرة في الأسماك المهاجرة وغير المهاجرة أيضاً وبشكل جيد، فالعديد من أسماك برك المد، على سبيل المثال، يمكن أن تجد طريقها إلى بركتها الأصلية باستخدام ظواهر (clues) شمية وبصرية وذلك بعد نقلها عدة مئات عن تلك البركة. من أكثر الأسماك التي درست فيها هذه الظاهرة هي أسماك السلمون الباسفيكي *Oncorhynchus* وذلك لقدرتها المدهشة على العودة وبدقة إلى الجداول والمناطق التي تكاثرت منها وذلك بعد تجوالها لعدة سنين ولألاف الكيلومترات في المحيط الهادئ. وقد تم إثبات أن هذه الامكانية تعود إلى قدرة السلمون على التعرف على رائحة الموطن المميزة . وأن هذه الأسماك تتطبع على هذه الرائحة عندما تتحول الى أفراخ (smolts) قبل هجرتها إلى البحر مباشرةً. لكنها تتمكن أيضاً من أن تميز وتستغل في الإبحار رائحة الجداول الأخرى التي تمر بها عند ذهابها إلى الأنهار الرئيسية. بالإضافة إلى ذلك هناك اثباتات بأن السلمون قد يستجيب أيضاً إلى المواد الكيمياوية (فيرمونات) التي

يعطيها أفراد نفس النوع وبإمكانها أن تميز بين المياه التي تضم أسماكاً من نفس التجمع ومن تجمعات اخرى مثل هذه القدرات يمكن أن تسمح وبدرجة كبيرة في التوجه نحو الموطن. لم تدرس الأنواع الأخرى بنفس التركيز الا أنه وبجانب الرائحة فإن أمورا أخرى مثل طوبوغرافية المنطقة والتيارات والملوحة ودرجة الحرارة يمكن أن تكون مهمة.

قادت المعرفة بأن الأسماك المهاجرة يمكنها العودة الى أوطانها بشكل دقيق الى الاعتقاد بأن تلك الأسماك يمكنها الإبحار وبدقة لمسافات طويلة. وقد نتج عن ذلك بحوث مكثفة حول ميكانيكية التوجه انصبت حول الاحتمالات التي يمكن إدراجها كالآتي:

1. التوجه نحو درجة حرارة معينة أو ملوحة أو مواد كيمياوية.
2. التوجه الشمسي.
3. التوجه نحو الضوء المستقطب.
4. التوجه نحو المجالات المغناطيسية والكهربائية.

وكما أشرنا سابقاً فان الأسماك يمكن أن تكشف التغيرات الفصلية في عوامل مثل درجة الحرارة والملوحة . الا إن مثل هذه الظاهرة تتذبذب من سنة لأخرى وغالباً ما تغطي مساحات واسعة وعليه فهي لا تعتبر دليلاً جيداً على الطبيعة المحددة لظاهرة العودة للموطن. إن من المحتمل أن يكون السلمون المهاجر قادراً على كشف التغييرات المتعاقبة في المكونات الكيمياوية لمياه المحيط التي تتحرك خلالها تماماً مثلما تتمكن من كشف التغييرات في الجداول التي تمر بها الا إنه لا توجد أدلة مباشرة على ذلك. ومن جانب آخر هناك اثباتات كثيرة على أن الأسماك يمكن أن تبحر بالتوجه أو الاستفادة من موقع الشمس. من أشكال التوجه الشمسي استعمال الضوء المستقطب، وبشكل خاص خلال الغروب والشروق عندما يكون الاستقطاب على أشده. ورغم أن هناك اثباتات بأن الأسماك يمكن ان تتوجه نحو الضوء المستقطب، وهناك دلائل اقوى على كون الأسماك المهاجرة يمكن أن تكشف وتتوجه نحو المجال المغناطيسي الأرضي، ورغم كون هذه المجالات ضعيفة الا إنها يمكن أن تكشف من قبل العديد من الأسماك المهاجرة وخاصة عندما تتولد مجالات كهربائية إضافية من حركة أمواج المحيط. أقوى الإثباتات لاستعمال المجالات الجيومغناطيسية للإبحار هو ما يحصل

في أسماك الانقليس Anguilla التي تهاجر مسافات طويلة في المياه العميقة ولهذه الأسماك حساسية مفرطة لهذه المجالات كما إن لها استجابات مختلفة اعتماداً على مرحلتها التطورية.

سلوك الأسراب:

يعتبر التواجد ضمن الأسراب من أكثر انماط السلوك الاجتماعي إثارة وكما يبدو فان السرب غالباً ما يكون له تفكيره الخاص به حيث يتحرك بنمط معين تتخذ فيه الأفراد مسافات محددة فيما بينها. يستأثر التواجد ضمن الأسراب بالاهتمام ايضاً لانتشاره حيث وجد ان حوالي ٢٥٪ من الأسماك تعيش ضمن أسراب كما أن حوالي نصف الأسماك تقضي جزء من حياتها على الأقل ضمن أسراب . ومن الجدير بالذكر أن معظم الأسماك المهمة تجارياً تعيش كأسراب وهذا يرفع كثيراً من فرص صيدها بكميات كبيرة. من رغم انه لا جدال في كون المجاميع المنظمة سريعة السباحة الأسماك البلاجية مثل أسماك التونة والرنجة هي اسراب، الا ان هناك جدالاً حول كيفية تصنيف الأسماك الاقل تنظيماً: ولعل افضل تعريف للسرب هو اعتباره مجموعة من الأسماك المنجذبة الى بعضها البعض لغرض المنفعة ويكون أعضاء السرب عادةً من نفس الحجم. يلغي هذا التعريف من الاعتبار تجمعات الأسماك المتكونة من انجذاب الأسماك واجتماعها بسبب بعض الخصائص البيئية. ضمن هذا التعريف يمكن أن يكون هناك شكلان من الأسراب مستقطبة polarized وغير مستقطبة nonpolarized. ولا يعتبر هذا الفصل راسخاً ونهائياً لأن سرباً معيناً قد يتحول من حالة الاستقطاب الى الحالة الاخرى أو بالعكس اعتماداً على كون السرب في حالة انتقال أو تغذية أو راحة أو في حالة تجنب للمفترسات.

الأشكال الشائعة للأسراب

(أ)الانتقال (ب) التغذية البلانكتونية (ج) الطواف حول المفترس (د) سرب تجنب مفترس

التشريح الداخلي للسمكة

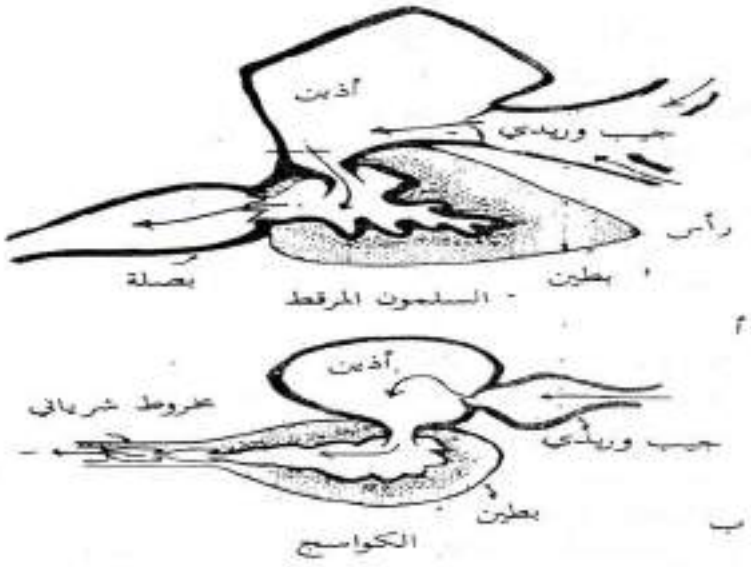
جهاز الدوران:

يتكون جهاز الدوران من القلب والأوعية الدموية التي تنقل الدم المؤكسج (النقي) والأوعية الدموية التي تنقل الدم غير المؤكسج (الفاسد). يعمل القلب كمضخة تدفع الدم إلى الغلاصم ليتزود بالأوكسجين بعد أن يتخلص من ثنائي أوكسيد الكاربون. ثم يوزع الدم المؤكسج إلى الأنسجة الجسمية لتزويدها بالأوكسجين الضروري لفعاليتها الحيوية. ويتكون جهاز الدوران من:

القلب :

يقع القلب في الجهة البطنية من الجسم قرب الردهة الغلصمية. يتكون القلب في الأسماك بصورة عامة من مخدعين هما أُذين (Atrium) وبطين (Ventriccie) يتصل بالأُذين من الأمام كيس صغير رقيق الجدران يدعى بالكيس الوريدي (Sinus Venos). في الأسماك الغضروفية يضاف المخروط الشرياني (Conus Arteriosus) عند قاعدة البطين ويكون تركيب جدرانه سميكاً وعضلياً كترتيب جدران البطين وله القابلية على الانقباض، ويزود المخروط الشرياني بصمام عضلي يسمح بمرور الدم باتجاه واحد فقط.

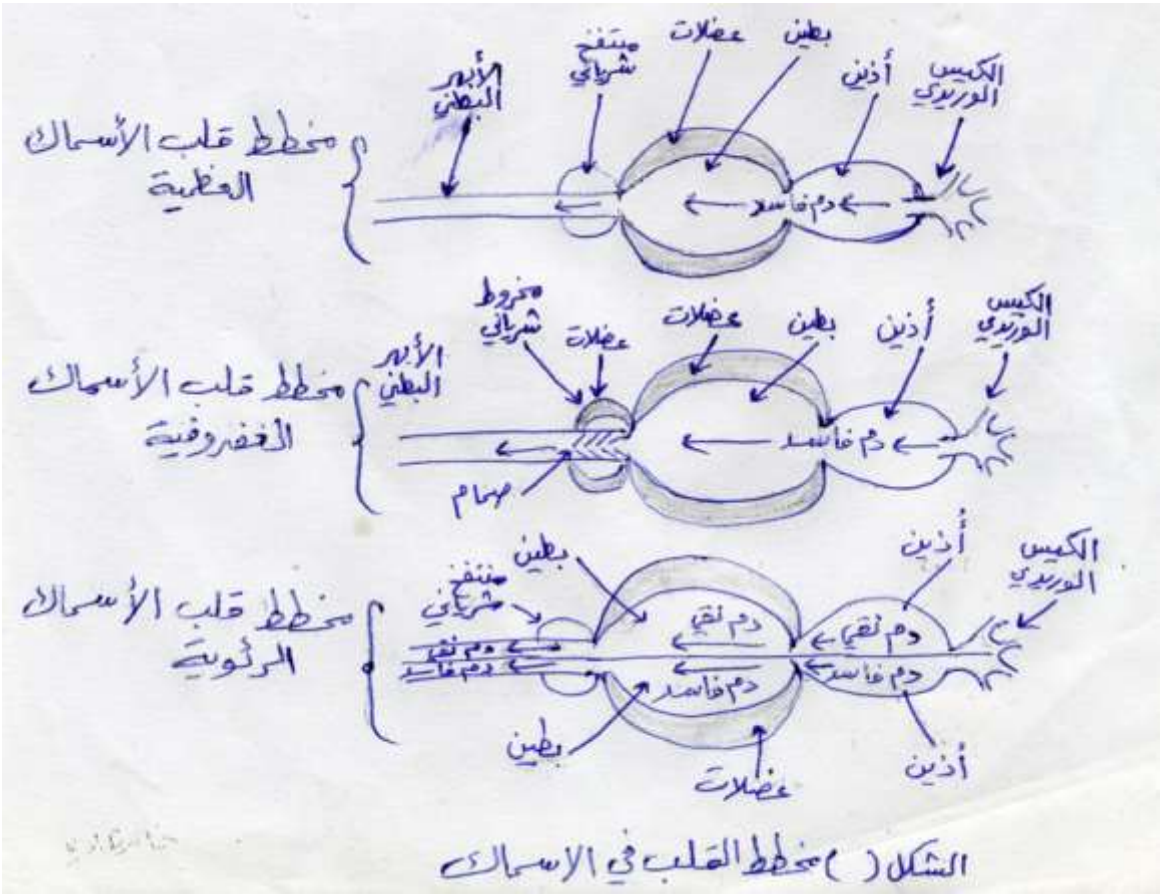
أما في الأسماك العظمية فيتحور المخروط الشرياني إلى ما يسمى بالمنتفخ الشرياني (Buibus Arteriosus) وتكون جدرانه رقيقة وليس له حركة انقباضية بل يكون مطاطياً إذ يتمدد وينقبض حسب ضغط الدم الناتج من الحركة الانقباضية والانبساطية للقلب. في الأسماك الرئوية ينقسم كل من مخدعي القلب والمنتفخ الشرياني جزئياً بواسطة حاجز وبذلك فإن الدم في الجزء الأيمن من القلب يذهب إلى القوسين الغلصميين الاخيرين. أما الجزء الأيسر من القلب والكيس الوريدي فانهما يستلمان الدم المؤكسج الراجع من الأوردة الغلصمية. وبسبب الانقسام الجزئي في الأذين فإن هذا الدم يتجمع في الجزء الأيسر من الأذين ثم إلى البطين ويوزع إلى الشرايين التي توزع الدم إلى أنحاء الجسم. إن هذا النظام يعتبر الأساس الذي تطورت منه الدورتين الدمويتين الرئوية والجسمية في الحيوانات الأرقى.



الشكل (23) قلب الأسماك العظمية والغضروفية

أ. القلب في الأسماك العظمية (السلمون المرقط)

ب. القلب في الأسماك الغضروفية (الكواسج)



الشكل (24) مخطط القلب في الأسماك

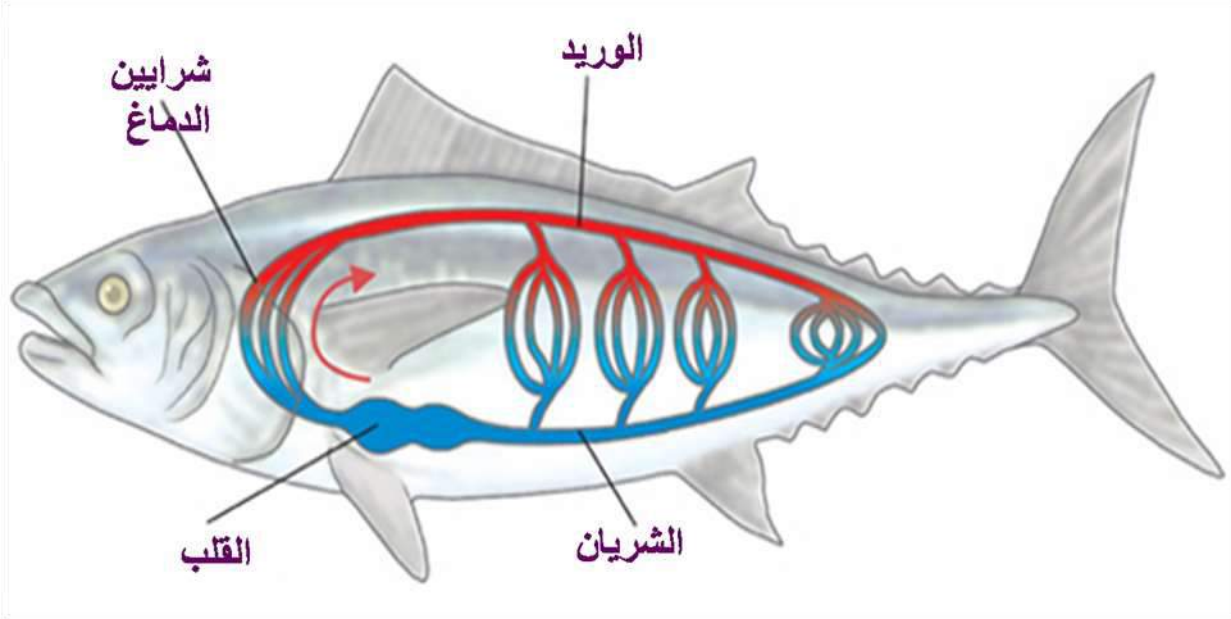
الأوعية الدموية ودوران الدم:

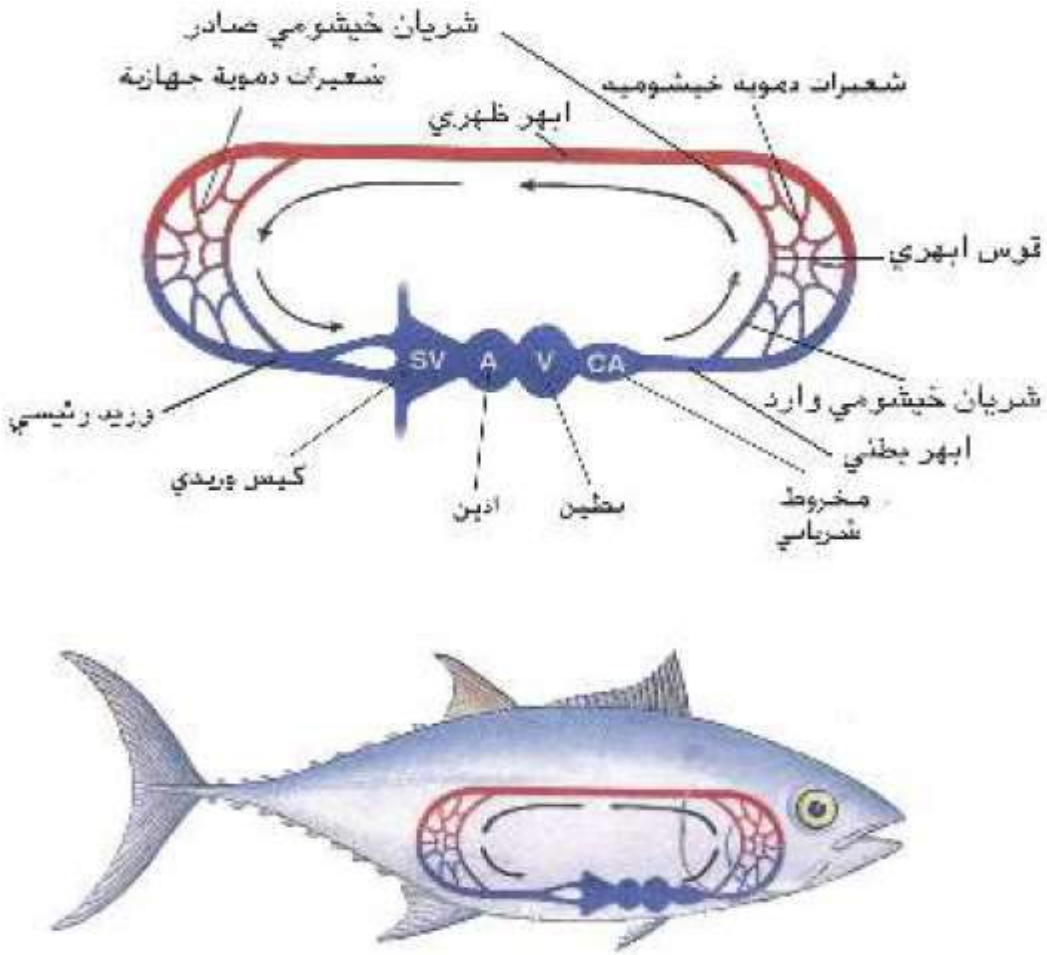
يغادر الدم المؤكسج غلاصم السمكة إلى الأبهر الظهري الذي ينقسم إلى قسمين احدهما يتجه إلى الأمام فيزود منطقة الرأس بالأوكسجين ويدعى بالشريان السباتي. ينقسم الشريان السباتي إلى شرايين أدق و أوعية شعرية دموية لتزويد جميع خلايا الرأس بالأوكسجين الضروري لإدامة حياتها وفعاليتها.

القسم الآخر من الأبهر الظهري يتجه إلى الخلف ويزود الدم المؤكسج إلى الأحشاء والعضلات والمنطقة الذنبية من خلال شريان كبير يدعى بالشريان الذنبي. ينقسم هذا الشريان إلى عدة شرايين اصغر لتزويد الدم المؤكسج إلى الكليتين والكبد والأعضاء التناسلية والأمعاء والعضلات التي تحرك الزعانف الزوجية. وهنالك عدة شرايين تشترك في توزيع الدم إلى المعدة والطحال والبنكرياس والكبد. يتجمع الدم الفاسد من أنحاء الجسم بواسطة عدة أوردة تصب في الوريد الجيبي الخلفي، ويتجمع الدم الفاسد من منطقة الرأس بواسطة أوردة تصب في الوريد الجيبي الأمامي، ثم يتجمع الدم في الوريد الجيبي العام والذي يصب في الكيس الوريدى. يندفع الدم بعد ذلك إلى القلب ثم إلى الأبهر البطني الذي يتفرع إلى أربعة شرايين في كل جهة من الرأس والتي تتجه إلى الأقواس الغلصمية وتدعى بالشرايين الغلصمية الواردة. ينقى الدم في الغلاصم ثم يعود محملاً بالأوكسجين بواسطة الأوردة الغلصمية الصادرة التي تصب بالأبهر الظهري.

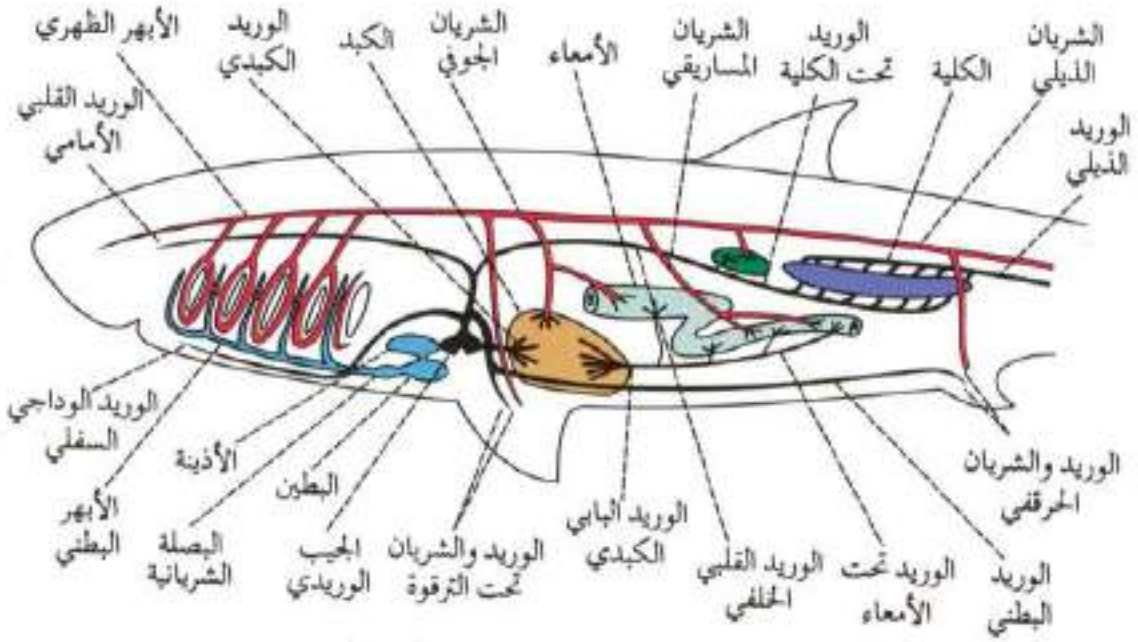
هناك نظام بوابي يعمل على تنظيم الفعاليات الهامة في الجسم:

1. النظام البوابي الكبدي (Hepatic portal system) ينقل الغذاء الممتص مع الدم من القناة الهضمية إلى الكبد بواسطة الوريد البابي الكبدي حيث يقوم الكبد بعملية تنظيم الغذاء إذ يأخذ منه المواد القابلة للخزن ويحول المواد الاخرى إلى تراكيب مشابهة لتركيب الخلية واحتياجاتها ثم ينقل الغذاء المتبقي مع الدم الفاسد إلى الدورة الدموية.
2. النظام البابي الكلوي (Renal portal system) فيحمل الدم من الأوردة الجسمية الخلفية إلى الكليتين بواسطة الوريدين البوابيين الكلويين. حيث تعمل الكلية على تصفية الدم من اليوريا والاملاح التي تنتج من هدم المواد البروتينية نتيجة الفعاليات الجسمية لتوليد الطاقة. ويعود الدم الخالي من المواد السامة بعد تنظيم تركيز الأملاح فيه إلى الدورة الجسمية.





الشكل (25) جهاز الدوران في الأسماك العظمية



الشكل (26) جهاز الدوران في الأسماك الغضروفية

الدم:

يتكون الدم من جزئين أحدهما سائل يدعى البلازما تسبح فيه خلايا مكونة الجزء الصلب منه. وهناك نوعان من خلايا الدم هما:

1- الخلايا الحمراء (Erythrocyter) والخلايا البيضاء (Leuekocytes) تتميز خلايا الدم الحمر في الأسماك بأنها بيضوية الشكل وحاوية على نواة. وتعد الكريات الحمراء واسطة لنقل الأوكسجين في الجسم.

2- الخلايا البيضاء فائدتها للدفاع عن الجسم ضد المواد الغريبة سواء كانت جرثومية أو سموم أو أي مواد أخرى غريبة.

أما البلازما فهي سائل رائق يحتوي على الاملاح المعدنية والغذاء الممتص والفضلات الجسمية السائلة فضلاً عن الأنزيمات والأجسام المضادة (Antibodies) والغازات، أما مكونات البلازما فهي مواد بروتينية اهمها الالبومين والكلوبيولين وكذلك الفابرينوجين المسؤول عن تخثر الدم.

الإضاءة في الأسماك

تمتلك العديد من الكائنات الحية القدرة على انتاج الضوء ومن ضمن هذه الكائنات الأحياء المائية البحرية كنجم البحر والأسماك والكواسج وغيرها، اما في المياه العذبة يوجد كائن واحد فقط معروف بكونه مضيئاً وهو البطلينوس (Limpet). ان الاضاءة الفسفورية على سطح المحيط والتي تسببها مختلف الاحياء الصغيرة وخاصة قديرة الاسواط والدرعيات وهناك بضع أسماك مضيئة تقيم بشكل دائم في المياه الضحلة. ان الإضاءة الحيوية تعني قدرة الكائن الحي على انتاج الضوء بنفسه وهو يتبع سلوكيات خاصة تحت تأثيرات مشتركة لإنتاج الضوء وللإضاءة الحياتية دور في حياة الكائنات المنتجة للضوء من خلال الاختباء والتغذية وغيرها.

ميكانيكية انتاج الضوء في الكائنات المضيئة في الأسماك:

يتولد الضوء من تفاعل كيميائي ضوئي بدون حرارة بمساعدة أنزيمات خاصة تسمى الانزيمات المحفزة للضوء التي تضبط التفاعلات الكيميائية للمادة الحية حيث تعمل على الأكسدة اي اتحاد الاوكسجين بالمادة المسببة للضياء فيصدر الضوء ذاتياً هناك على الاقل نوعان أساسيان من المادة الكيميائية في الكائن الحي المضيء الأول الذي يُطلق الضوء يسمى ليوسيفرين والثاني الذي يحفز التفاعل لحصول الإضاءة وهو الليوسفيراز هذا التفاعل كما أشير آنفاً يحتاج الى اوكسجين وطاقة ATP ويبدو انه توجد اختلافات كبيرة ضمن الأسماك في نظام ليوسيفرين – الليوسفيراز ويتم انتاج الضوء عادةً في أعضاء خاصة تسمى حاملات الضوء اي الاماكن التي يحصل فيها التفاعل.

طبيعة المصابيح المضيئة وكفاءتها الحيوية:

حاملات الضوء عبارة عن مصابيح صغيرة على درجة عالية من الكفاءة تتركب من قرنية شفافة تتلوها عدسة ثم عاكس مقعر عبارة عن نسيج خاص يقابل شبكية العين هو المسؤول عن توليد الضوء وقد تقوم القرنية والعدسة بتجميع هذا الضوء قبل ان ينبثق خارج جسم السمكة وتختلف اعضاء الاضاءة في الأسماك من حيث العدد والتوزيع والتعقيد وغالباً ما توجد على جانبها أو على بطنها أو راسها تقوم هذه الأسماك بإنتاج الوان تتراوح من الأخضر إلى الأخضر المزرق هذه الالوان لها اطوال موجية عالية تمتد الى مسافة طويلة وبعض الانواع تنتج اللون الاحمر.

الأعضاء المضيئة:

تتفاوت الأعضاء المنتجة للضوء من التراكيب الصغيرة جداً غير مصطبغ مثل تلك الموجودة على سطح الزعانف أسماك الزبيدي الى التركيب المعقد تطلق بعض الغدد المضيئة مواد مضيئة يمكن ان تنتشر على السطح الخارجي للسمكة مثل سمكة المصباح تحتوي على حوامل ضوئية اسفل الراس ويكون لون الضوء اخضر مزرق كما تحتوي سمكة الفأس على الحوامل الضوئية في منطقة البطن ينبعث منها ضوء اخضر شديد كذلك نجد أن سمكة التنين تحتوي على منطقتين لإنتاج الضوء الأولى بجانب العين وتعطي الضوء الأزرق المخضر والمنطقة الثانية أسفل الراس تنتج الضوء الأحمر بينما يمتلك سمك الثعبان حوامل ضوئية على زعنفتها الظهرية تنتج ضوءاً مبهراً لجذب الأسماك الاخرى.

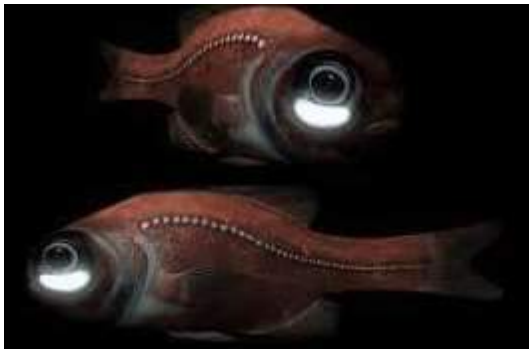
كيفية تحكم الأحياء المائية بالضوء:

تستطيع الأحياء المائية التحكم في نشر الضوء عن طريق غلق أو حجب النسيج المضيء كما هو الحال في مضيئات العيون وبعض أسماك رتبة الزبيدي حيث تجهز حاملات الضوء في معظم الأسماك العظمية المضيئة ذاتياً بألياف عصبية ويبدو أنها تحت سيطرة عصبية مباشرة ومع ذلك فان حقن الادرينالين يسبب نشاطاً للنسيج المضيء في معظم الانواع المختبرة أما الضوء الناتج بسبب البكتريا فان الأسماك لا يمكن أن تسيطر عليها ذاتياً فتبقى مضيئة طول الوقت لذاك وهبها الله غشاء داكن يشبه الجفن فترخيه لتحجب به الضوء وترفعه عن المصابيح فتضيء كما هو الحال مع سمكة فوتوبليفارون التي لها بقعة من هذه البكتريا أسفل كل عين

أمثلة عن الأسماك المضيئة

1. سمكة أبو الشص: وهي من الأسماك المضيئة التي تعيش في الاعماق السحيقة لعمق يصل الى 2000 متر حيث تبدو هذه السمكة كأنها كلها فم وعينان ومعدة وهي تحمل على خياشيمها قضيباً في رأسه ضوء تخفضه حين تجوع أمام فمها الكبير المفتوح لجذب الأسماك الأخرى نحوها.

2. سمكة المصباح: تصدر ضوء أبيض من جيبين أسفل عينيها يساعدها على السباحة أثناء الليل في المياه المرجانية المدهش أن ما ينتج هذا الضوء هو نوع من البكتريا تعيش في هذين الجيبين تعرف باسم البكتريا المضيئة



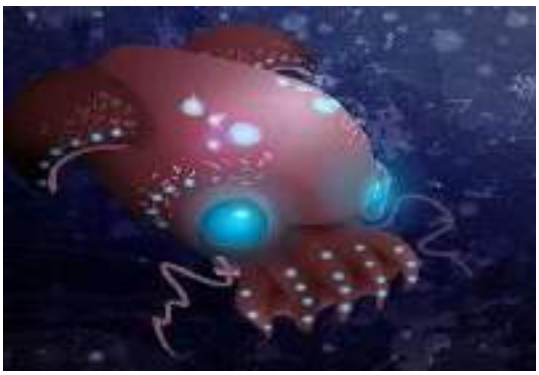
3. شيطان البحر الأسود: وهي من الأسماك العميقة تعيش بعمق يصل الى 4000 م التي تمكنت بعثة أمريكية من تصويرها عن قرب وهيه نافقة حيث تحقق هذا السبق بعد عشرين عام من التنقيب والبحث عنها في خليج مونتيري في كاليفورنيا حيث تتميز هذه السمكة بأنياب حادة وضوء متصل بقضيب ممتد من أعلى الراس يشبه المصباح الكهربائي يتوهج في الظلام لتجذب من خلاله الفرائس نحوها بكل سهولة.

4. التنين الأسود: توجد في أعماق المحيط وتعتبر من أكثر الأسماك إضاءةً حيث تستخدم هذه الأسماك البرق لجذب الفرائس لها وتوجد في الغالب في أعماق المحيط الهادئ والمحيط الاطلسي والمحيط الهندي وهي قادرة على ابتلاع اي شيء يدخل فمه الكبير يبدو وكأنه طوربيد بعيونه الكبيرة وفمه الواسع.

5. قنديل البحر: تعيش بالقرب من الشاطئ وبين الشعب المرجانية وفي الخلجان البحرية تقوم هذه الأحياء بتوليد الضوء الخاص بها لإرهاب الأعداء تمتاز أطراف هذه الحيوانات وعمودها باللمعان حيث تقوم بإطلاق موجات مضيئة من جسمها حالما تتعرض إلى هجوم.

6. الكيبوبودا: من القشريات يكون بحجم 27 مليمترا وتبرع في إنتاج أروع عروض الضوء الحيوي إذ يحدث ذلك عندما يخرج نفحات من الضوء عند الهرب.

7. الحبار مصاص الدماء: وهو من الكائنات القاعية يمتلك هذا الكائن الحي أعضاءً مضيئةً خفيفة على أجسامها ومؤخراً وجد له أعضاء مضيئة في ذراعيها حيث يمكن رؤيه الجزء المتوهج على طول منتصف ذراعيها.



8. السيبولا: وهو من الرخويات يقوم بنشر ضوء يغشي عين من يهاجمه من الكائنات الأقوى منه، إن مصدر الاضاءة هو قيام السيبولا بعملية تبادل منفعة مع نوع من البكتريا حيث يقوم بحملها ويغذيها ويرعها بالمقابل تقوم هذه البكتريا بأطلاق الضوء الذي يغشي عينيني المهاجم لتتمكن السيبولا من الهروب.

فوائد الاضاءة الحياتية:

هناك عدة نظريات طرحت لتفسر ظاهرة انتاج الضوء منها

1. تستعمل بعض الأسماك هذا الضوء في جذب فرائسها ثم تقوم بإمساكها وافتراسها.
2. تستعمل الضوء كوسيلة للتخويف والتشويش باقي الأسماك التي تخاف من هذا الضوء.
3. تستعمل الضوء ككشافات لترى بها الطحالب والكائنات الدقيقة.
4. تستعمل الضوء كلغة اشارة بين أفراد النوع الواحد.
5. بعض الأنواع تستعمل الضوء كشفرات بين الذكور والإناث أثناء موسم التزاوج.

المصدر: محاضرات أ. د. ساجد سعد حسن/ كلية الزراعة/جامعة البصرة

التشريح الداخلي للسمكة

تحتوي السمكة على عدد من الأجهزة الداخلية المتخصصة تعمل على بقاء حياتها واستمرار نموها، وهذه الأجهزة هي:

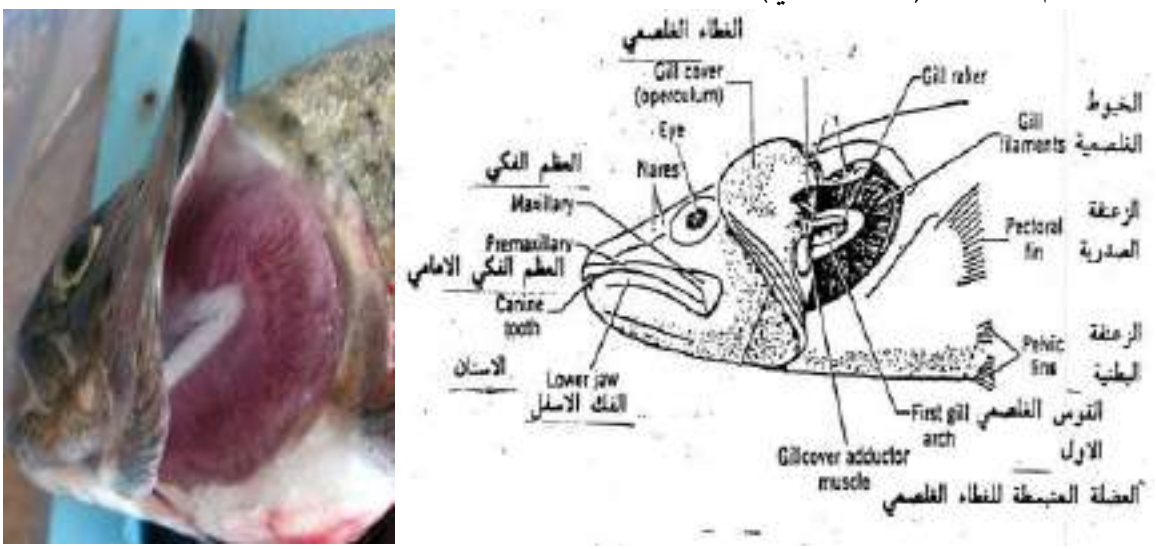
الجهاز التنفسي:

تمتلك السمكة جهازاً تنفسياً يقوم بامتصاص الأوكسجين المذاب الموجود في الماء ولهذا يعتبر الجهاز التنفسي في الأسماك معقداً لاختلافه عن بقية الأحياء الأخرى، ويكون مختلفاً أيضا حسب نوع السمكة فالجهاز التنفسي الموجود في الأسماك الرئوية يختلف عن نظيره الموجود في الأسماك الأخرى وهكذا. وبصورة عامة يتكون الجهاز التنفسي من:

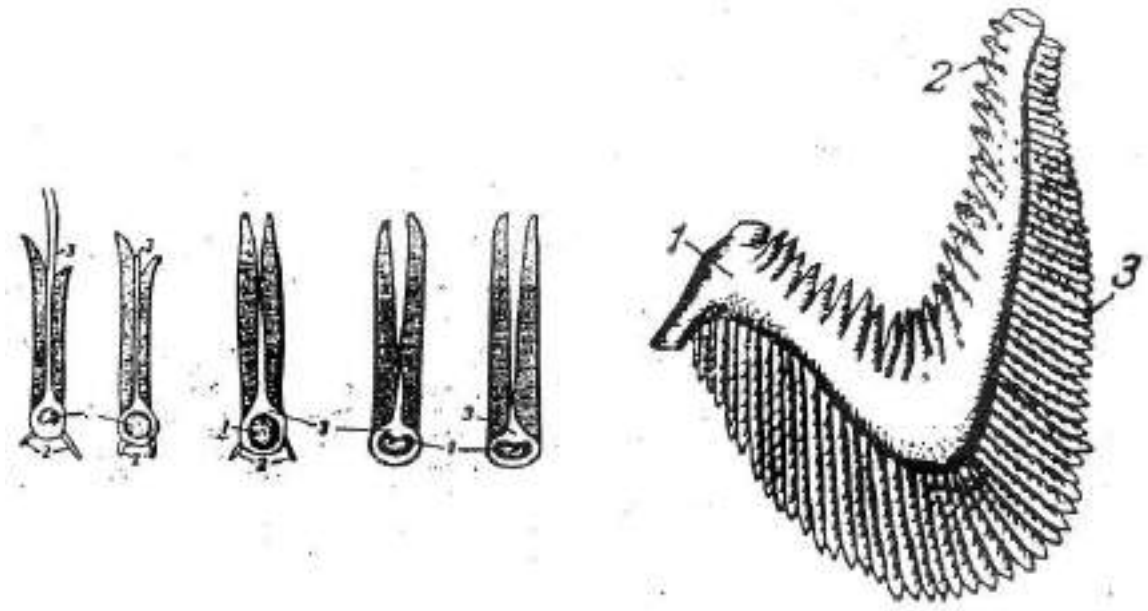
1- الأقواس الغلصمية (Gill arches): وهي عبارة عن أقواس عظمية عددها خمسة موجودة في كل جانب من جوانب الرأس تقع تحت الغطاء الغلصمي وتتصل الأقواس الغلصمية من الأعلى بقحف الجمجمة ومن الأسفل بقاعدة اللسان. وظيفة القوس الغلصمي هي حمل الخيوط والأمشاط الغلصمية.

2- الأمشاط الغلصمية (Gill raler): وهي نتوءات عظمية دقيقة تقع في الجهة الأمامية للأقواس الغلصمية (ما عدا القوس الخامس) , تعمل الأمشاط الغلصمية على وقاية وحماية الخيوط الغلصمية الدقيقة من خلال تصفية الماء الداخل إلى التجويف الغلصمي أثناء عملية التنفس من الشوائب والأجسام الغريبة. فضلا عن هذه الوظيفة فان الأمشاط الغلصمية لها علاقة بطبيعة التغذية وحسب نوع الأسماك.

3- الخيوط الغلصمية (Gill filaments): وهي خيوط تقع على الأقواس الغلصمية وتمثل هذه الخيوط مركز التبادل الغازي في الأسماك. تحتوي الخيوط الغلصمية على أوعية دموية تنقل الدم من الجسم إلى الغلاصم وبالعكس وتكون مزودة بعدد من الطيات (Lamellae) لزيادة المساحة السطحية للتبادل الغازي.



الشكل (17) الخيوط والأقواس الغلصمية



الشكل (18) تركيب أحد الأقواس الغلصمية

أ- 1. القوس الغلصمي.

2. المشط الغلصمي.

3. الخيوط الغلصمية.

ب- مقطع في الخيوط الغلصمية.

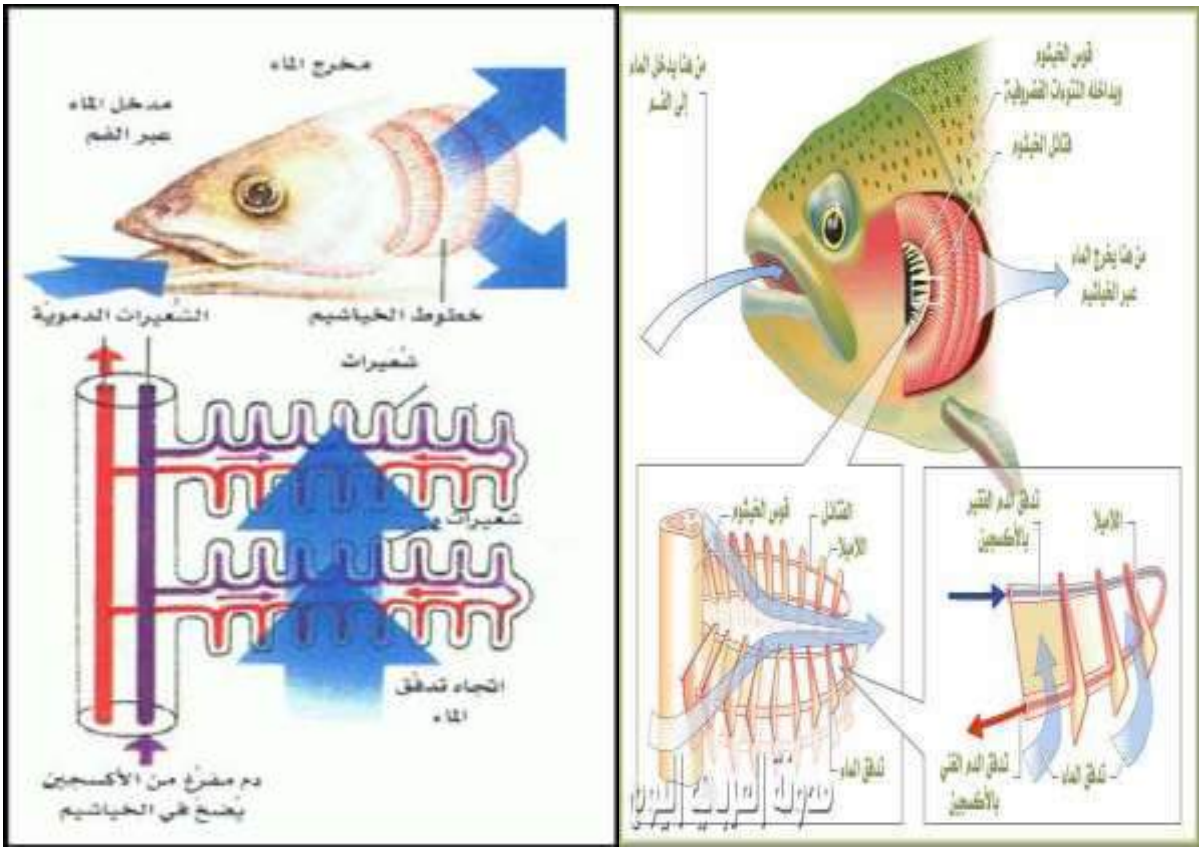
كيفية حدوث عملية التنفس (ميكانيكية التنفس):

تفتح السمكة فمها ليدخل الماء إلى داخل التجويف الفموي ثم تغلق فمها وتتقلص العضلات الفموية لتوليد ضغط داخل الفم وبعد ذلك يتمدد الغطاء الغلصمي مؤدياً إلى حدوث تخلخل بالضغط فتنغمر الغلاصم

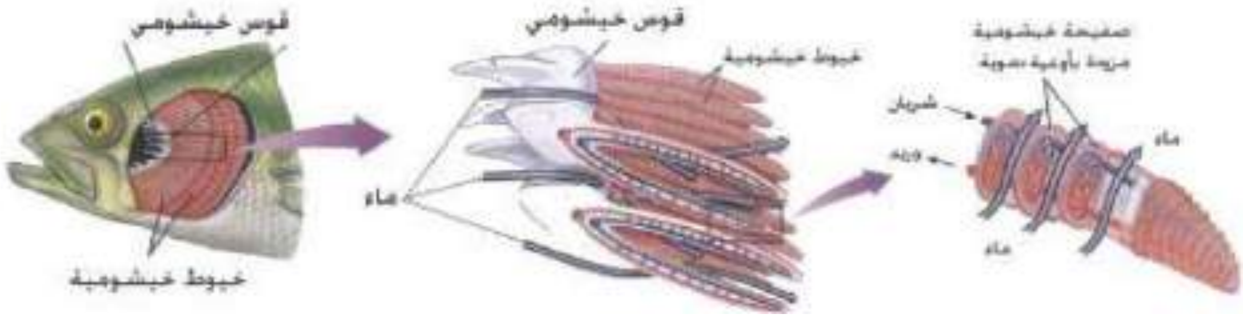
بالماء وتتم عملية التبادل الغازي ليأخذ الدم الأوكسجين ويطرح ثنائي أوكسيد الكاربون إلى الماء ثانيةً ويستمر الماء بالحركة ليخرج من فتحة الغطاء الغلصمي وتعاد العملية مرة اخرى وهكذا تستمر العملية.

إن السمكة كبقية الفقريات يحتوي دمها على الخلايا الحمراء RBC ذات القابلية العالية على حمل الغازات وإن الوحدة الحجمية الواحدة من الدم يمكن ان تحتوي على كمية من الأوكسجين تعادل (15– 25) مرة ضعف ما يمكن ان يحمله الحجم نفسه من الماء. تحمل خلايا الدم الحمراء حوالي 99% من الأوكسجين الموجود في الدم والبلازما تحمل مالا يزيد عن 1% منه. يعتبر الهيموغلوبين هو الصبغة التنفسية للأسماك والفقريات الأخرى ويوجد في خلايا الدم الحمراء اذ يحتوي على ذرة من الحديد تقع في مركز عدد من ذرات صبغية تدعى بالهيم وهذه الصبغة هي التي تعطي الدم لونه الاحمر.

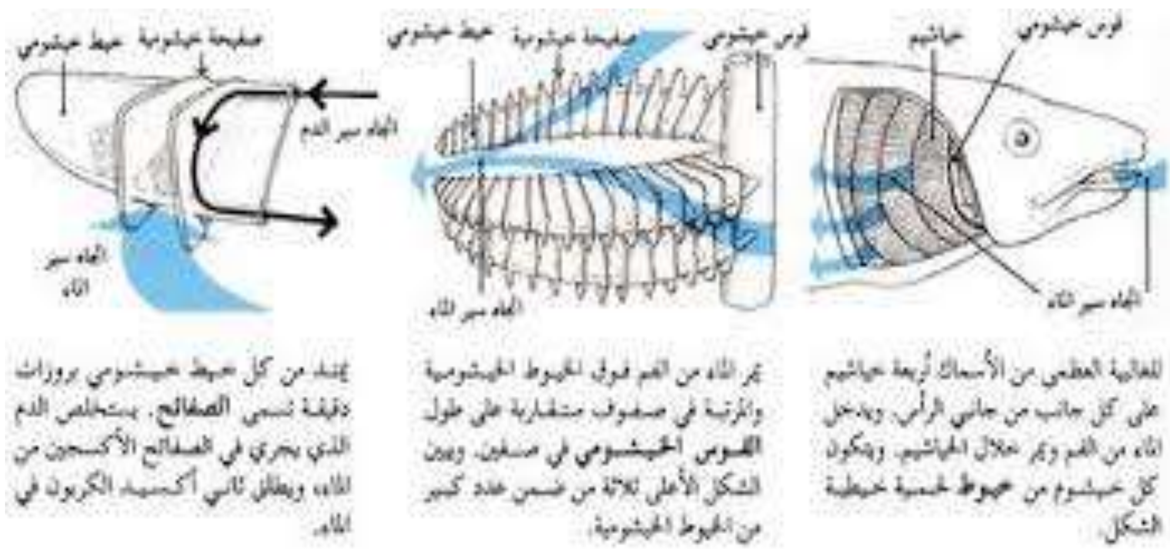
بعض أنواع الأسماك قد تتكيف لتتنفس الهواء الحر لمواجهة نقص الأوكسجين المذاب في بيئتها المائية , وهناك أنواع من الأسماك تتنفس الهواء الحر حتى في حالة توفر كمية كافية من الأوكسجين المذاب في الماء مثل الأسماك الرئوية.



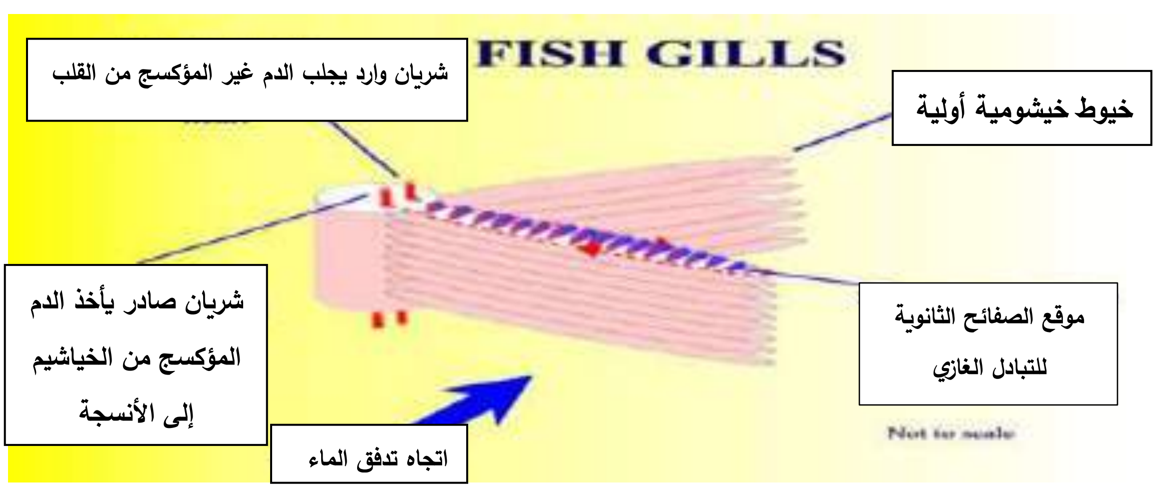
الشكل (19) آلية التنفس في الغلاصم



الشكل (20) تركيب الخياشيم في سمكة عظمية



الشكل (21) خطوات عملية التنفس



الشكل (22) خياشيم الأسماك

وهناك عدة تكيفات تركيبية موجودة في الأسماك لتساعدها على تنفس الهواء الحر هي:

المثانة الهوائية (الكيس الهوائي)

الكيس الهوائي الموجود في الجدار الداخلي للغطاء الغلصمي , الناتج من انطواء الجدار الداخلي للغطاء الغلصمي ويكون ممتلئ بالأوعية الدموية الشعرية كما في سمك Mudskipper، قد يتحور جزء من الأمعاء إلى كيس رقيق الجدران يقوم بعملية تنفس الهواء الحر. في بعض الأسماك يعمل الجزء الوسطي والأخير من القناة الهضمية كعضو تنفسي وهضمي في الوقت نفسه.

المثانة الهوائية أو الغازية (Air or gas bladder)

تعد المثانة الهوائية عضواً متخصصاً للتوازن وتوجد في الأسماك العظمية (ما عدا الأسماك العظمية المسطحة) ولا توجد في الأسماك الغضروفية والأسماك عديمة الفكوك، وللمثانة الهوائية عدة وظائف هي :

أولاً: كعضو لتوازن الجسم:

ان كثافة لحم السمكة يبلغ حوالي (1,076) أي أنه أكثر من كثافة المياه العذبة (1,0005) وماء البحر الذي يبلغ (1,026) ولكي لا تغطس السمكة في الماء تضطر إلى ان تجمع الدهون في لحمها أو كبدها للتقليل من كثافة جسمها أو تستخدم الغاز في المثانة الهوائية للتقليل من وزنها الكلي، وفي حالة عدم وجود المثانة الهوائية فان الأسماك تصرف طاقة كبيرة للحفاظ على موقعها في عمود الماء. تشغل المثانة الهوائية حوالي 4–11% من حجم الأسماك التي تعيش في المياه العذبة وما يتراوح بين 7–11% من حجم الأسماك البحرية.

ثانياً: كعضو للتنفس:

ان غالبية الأسماك الرئوية تستعمل المثانة الهوائية كعضو للتنفس إما وقتياً أو إضافياً، فالأسماك الرئوية لها القابلية على العيش في المياه الخالية من الأوكسجين وذلك بابتلاعها الهواء الحر وتوجد في هذه الأسماك قناة تصل البلعوم أو المريء بالمثانة الهوائية فيدخل الهواء عن طريق الفم ثم البلعوم فالمريء ثم المثانة الهوائية التي تكون جدرانها مزودة بالأوعية الدموية الآتية إما من الأبهر الظهري أو الأوعية الغلصمية أو من الشريان الذي يزود منطقة المساريق (الاغشية المبطنة للأمعاء) بالأوكسجين، وقد ترتبط المثانة الهوائية بأكثر من وعاء دموي. ويرجع الدم إلى القلب بواسطة احد الأوردة الرئيسية.

في الأسماك الرئوية يتكون القلب من اربعة تجاويف اذينين وبطينين إذ ينقسم الاذين إلى جزئين بواسطة حاجز عبارة عن شبكة من العضلات ويصب الدم الراجع من المثانة الهوائية (أي الدم المؤكسج النقي) في الجزء الأيسر من الاذين بينما الجزء الأيمن يحمل الدم غير المؤكسج القادم من انحاء الجسم. الما البطين

فينقسم بواسطة أنسجة رابطة لضمان فصل الدم المؤكسج عن غير المؤكسج ويبقى الدم المؤكسج منفصلا عن غير المؤكسج إلى المنتفخ الشرياني ثم الأبهر البطني (وسيأتي شرح ذلك مفصلاً في جهاز الدوران).

ثالثاً: استقبال وتوليد الأصوات:

في بعض الأنواع من الأسماك تتصل المثانة الهوائية بالإذن الداخلية وأي تغيير في الضغط بسبب الموجات الصوتية يمكن نقله إلى الإذن الداخلية.

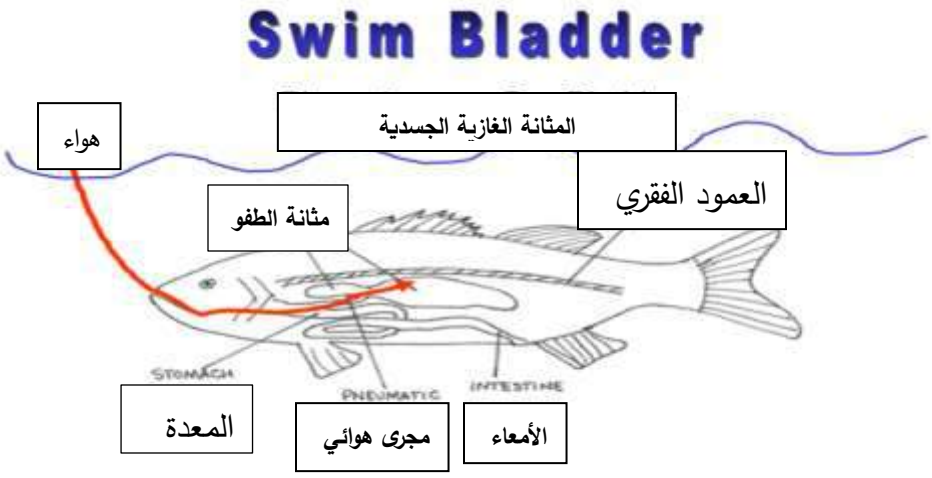
إن الأسماك لا تعتبر من الحيوانات الصامتة حيث أثبت جهاز سمع الأصوات داخل الماء (Hydrophone) أن غالبية الأسماك تنتج أصوات متنوعة. وهناك عدة تراكيب تستخدم في توليد الأصوات منها الأسنان البلعومية كما في سمكة السنجاب أو حركة العضلات التي تقع على الحزام الكتفي التي يحرك عظام هذا الحزام بطريقة بحيث يحدث صوت رنين صدى من المثانة الهوائية. والأصوات التي تنتج من المثانة الهوائية ذات تردد خافت بينما التي تنتج من الأسنان تكون ذات تردد عالٍ. ان الأصوات في الأسماك لها دور كبير في التناسل والدفاع عن النفس ضمن منطقتها.

ويمكن تقسيم الأسماك إلى قسمين حسب ارتباط المثانة الهوائية:

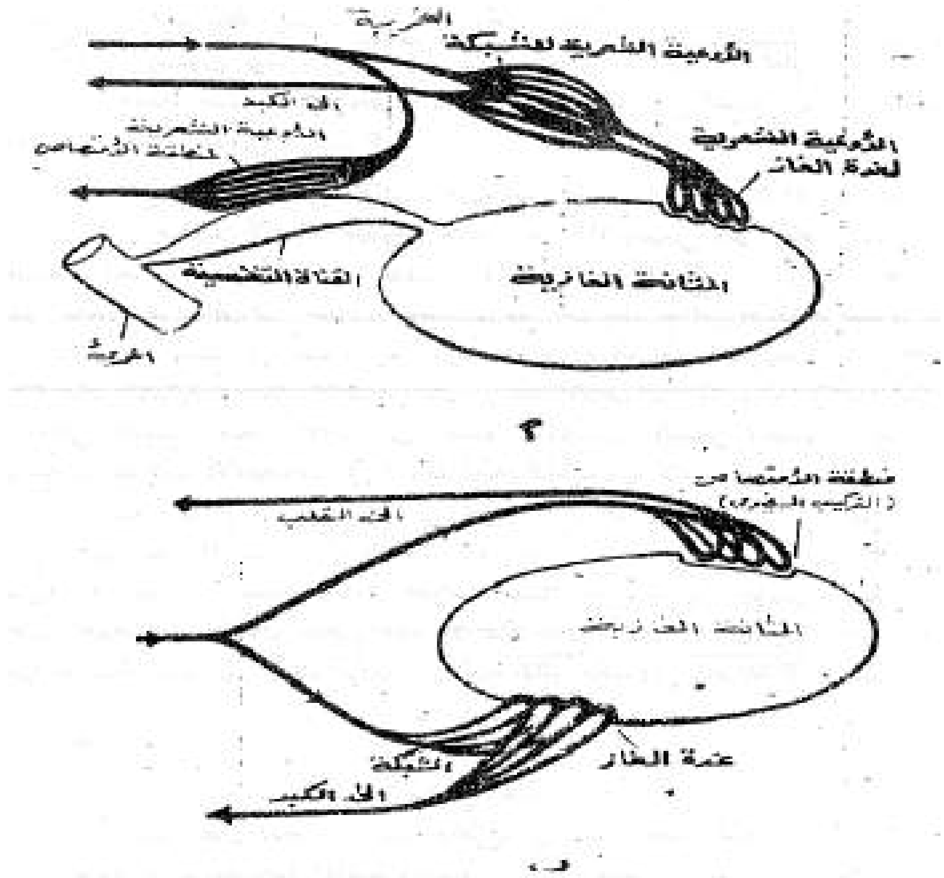
الأسماك ذات المثانة الهوائية المغلقة كما في اسماك عائلة الشبوطيات.

الأسماك ذات المثانة الهوائية المفتوحة كما في الأسماك الرئوية.

إن امتلاء المثانة الهوائية بالهواء يعود إلى الفترة الأولى من حياة السمكة، ومع ذلك فإن الأسماك بصورة عامة تزيد أو تقلل من كمية الهواء عن طريق الدم الواصل إلى جدران الكيس الهوائي.



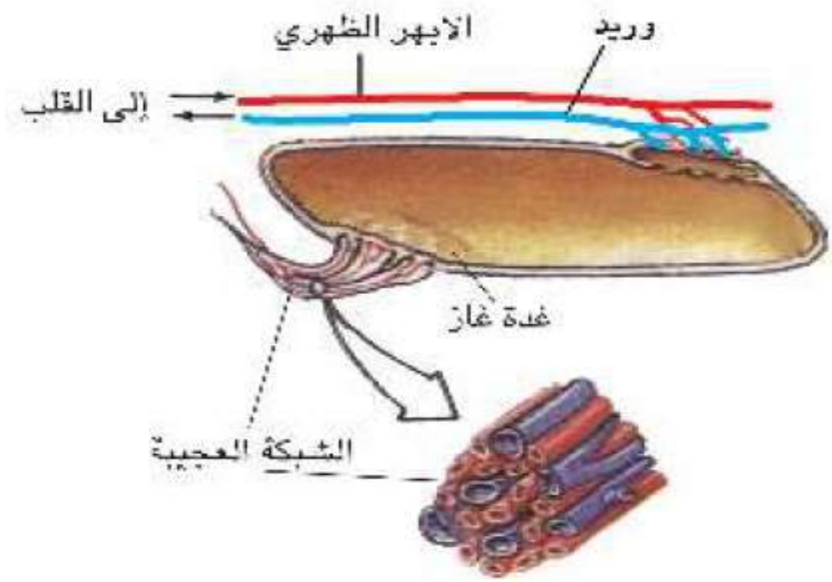
الشكل (23) المثانة الهوائية (الغازية)



الشكل (21) تركيب المثانة الغازية

(أ) في الأسماك مفتوحة المثانة الغازية

(ب) في الأسماك مغلقة المثانة الغازية



الشكل (22) مثانة السباحة في السمكة العظمية

التشريح الداخلي للسمكة

الجهاز العضلي

يتكون الجهاز العضلي في الأسماك من ثلاثة أنواع من العضلات هي:

1- العضلات الملساء:- وهي العضلات اللاإرادية التي تكون جدران الجهاز الهضمي والأوعية الدموية والجهازين البولي والتناسلي والعضلات التي تحرك عدسة العين. وتتصل هذه العضلات بالجهاز العصبي الودي.
2- عضلات القلب:- وهي عضلات ملساء ولكنها متفرعة ومعقدة التركيب وتكون حركتها لا إرادية، وهذه العضلات تكون القلب ويكون لونها احمر غامق.
3- العضلات المخططة (الهيكلية):- وهي العضلات التي تغطي العظام وتقوم بالحركات الإرادية في جسم السمكة كالسباحة، وتتصل هذه العضلات بالجهاز العصبي المركزي.

ويمكن تقسيم العضلات المخططة التي تكون غالبية العضلات الجسمية إلى ثلاثة مجاميع هي:

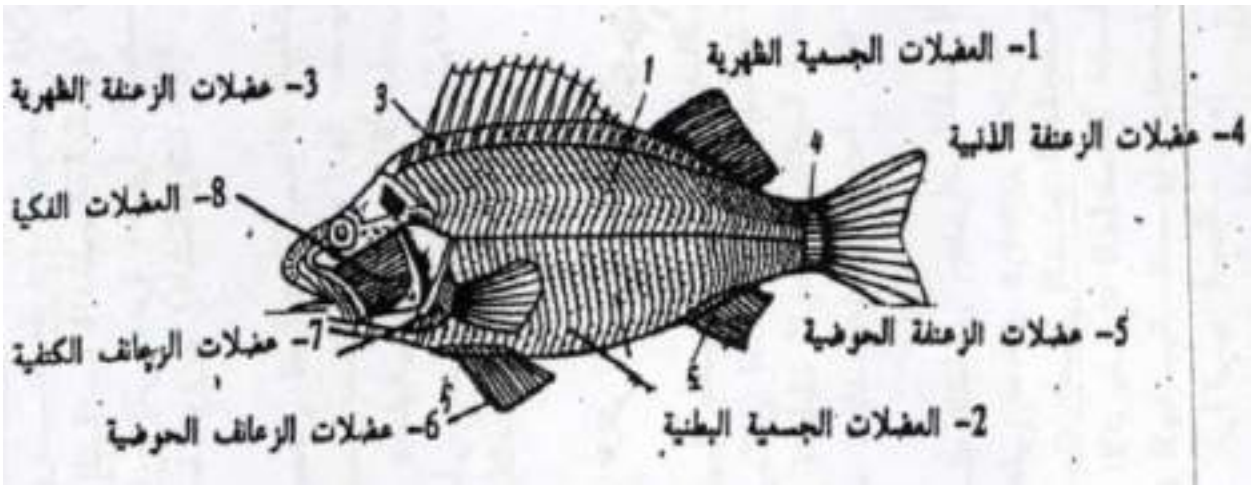
أ- عضلات الرأس: وهي العضلات التي تتصل إما بالفكين أو بالأقواس الغلصمية وفي كلا الحالتين هناك عضلات سطحية وأخرى عميقة تختلف باختلاف أنواع الأسماك. ففي الأسماك الغضروفية كالكواسج مثلا توجد في منطقة الوجه بعد رفع الجلد عدة عضلات فكية أكثرها وضوحاً العضلة المقدمة للفك الأسفل. أما في منطقة الغلاصم فإن أوضح العضلات هي القابضات الخارجية (البطنية والظهرية) للغطاء الغلصمي. وفي الأسماك العظمية فتوجد العضلات الفكية نفسها الموجودة في الأسماك الغضروفية فضلاً عن العضلات خاصةً تعمل على تحريك الغطاء الغلصمي.

ب-عضلات الزعانف:- تعمل هذه العضلات على تحريك الزعانف أثناء سباحة السمكة. فعضلات الزعانف الظهرية أو الحوضية تمتاز بوجود زوج من كل من العضلات القابضة والباسطة والمنحنية التي تتصل بكل جانب من جانبي الأشعة الزعنفية.

أما بالنسبة إلى عضلات الزعانف الزوجية فإنها تتكون من العضلة المبعدة والعضلة المقربة فضلاً عن وجود طبقة رفيعة من العضلات تحرك الحزام الحوضي أو الكتفي. وبالنسبة إلى الزعنفة الذنبية فلها كتل عضلية جانبية مثبتة بأوتاد عند قاعدتها وتعمل هذه الكتل العضلية على تحريك الزعنفة الذنبية باتجاهات متعددة.

ج- عضلات الجذع :- وتعتبر من أكثر العضلات المخططة تطوراً ويمكن رؤيتها بوضوح بعد نزع الجلد عن السمكة حيث تبدو هذه العضلات على شكل مقاطع متعرجة على طول جهتي الجسم مكونة ما يعرف بلحم السمك وهذه العضلات تساعد السمكة على الحركة والسباحة.

وبصفة عامة تكون الأنسجة العضلية في الأسماك بيضاء بسبب احتوائها على نسب بروتين أعلى من الأنسجة الحمراء كما ان نسبة الدهون في الأنسجة البيضاء اقل منها في الأنسجة الحمراء.



الشكل (35) موقع وأنواع العضلات في جسم السمكة

الحركة في الأسماك:

تتحرك السمكة في الماء بواسطة الخصائص التالية:

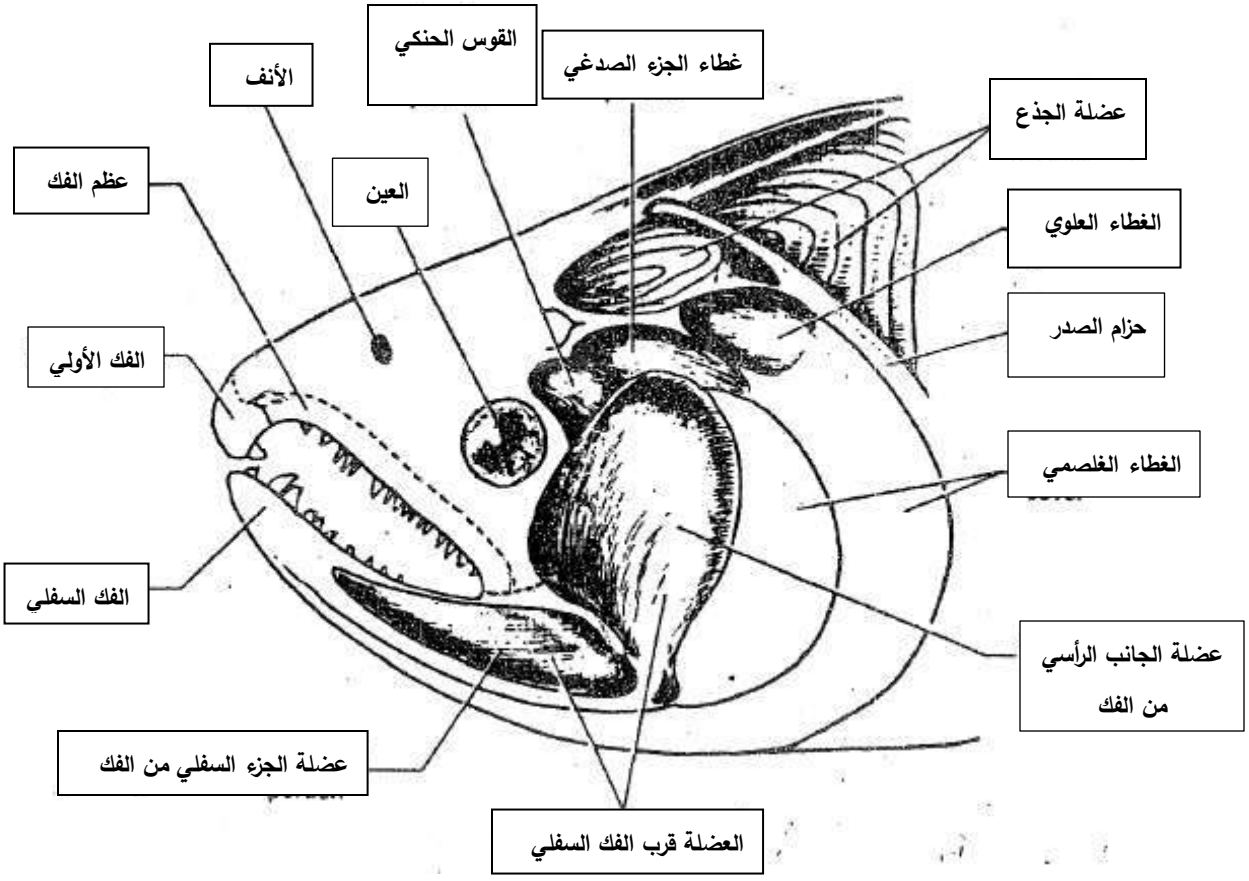
شكل الجسم: إن العوامل المميزة لشكل الجسم في الأسماك هي:

1. الترابط بين الجهاز العظمي والكتلة العضلية.
2. تطور كلا من الجهازين العظمي والعضلي نتيجة حياة كل نوع من الأسماك.

فالشكل المثالي لجسم السمكة هو الشكل المغزلي حيث يبدأ بشكل مستدق ثم يعرض تدريجياً ثم يستدق تدريجياً عند مؤخرة السمكة مما يقلل من مقاومة الماء لحركة السمكة لتسهيل حركتها داخل الوسط المائي الذي تعيش فيه فضلا عن الطبقة المخاطية التي تغطي جسم معظم الأسماك لتسهيل عملية انزلاقها داخل الماء.

إن كل تحور في شكل الجسم يعتبر نوع من التكيف للبيئة فالأسماك التي تعيش في المياه الهادئة الغنية بالأحياء والأعشاب المائية يكون جسمها مضغوط جانبياً ليساعدها على الحركة بين النباتات الكثيفة. إن حركة هذه الأسماك تتميز بالاستدارات السريعة والقصيرة.

أما الأسماك التي تعيش في القعر فغالباً ما يكون جسمها مضغوطاً من الأعلى إلى الأسفل ليساعدها على أن تغمر كليا في طين القعر، إن هذا التحور يساعد الأسماك على أن تحتفظ بمكانها لكي لا تنجرف مع سرعة التيار.



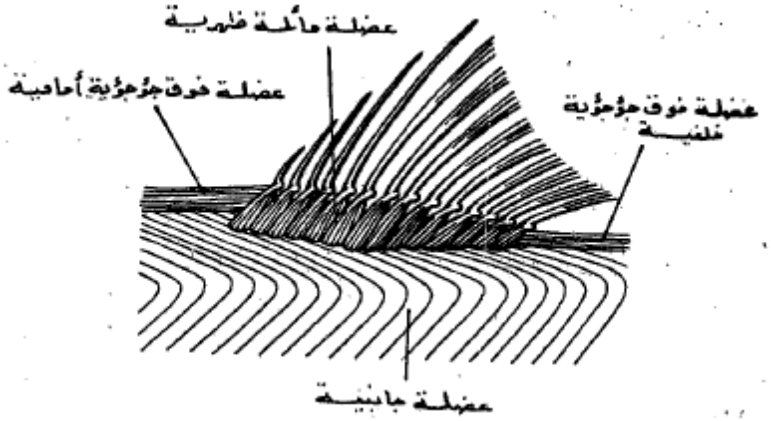
الشكل (36) عضلة الرأس في الأسماك العظمية

الزعانف :

تساعد الزعانف بعض الأسماك في حركتها حيث تتمكن أنواع عديدة من الأسماك على التحرك باستخدام زعانفها ولكن يبقى اعتمادها الرئيسي على انثناءات جسمها أثناء الحركة، فللزعنفة الذيلية مثلا أهمية أكبر لسباحة الأسماك أثناء السرعة العالية وهناك أنواع قليلة ومعينة من الأسماك تعتمد كلياً على زعانفها أثناء السباحة مثل حصان البحر. إن الزعانف المفردة (الظهرية والشرجية) لها دور واضح في المحافظة على وضع السمكة في وضع منتصب أو عمودي فضلاً عن ذلك فان وجود العضلات على قاعدة الزعانف الفردية والتي تتحكم في حركة كل جزء من أجزاء الزعنفة على حدا تساهم بدرجة كبيرة في المناورات الحركية للسمكة. أما الزعانف الزوجية (الكتفية والحوضية) فوظائفها الأساسية هي أداء الحركات للسباحة إلى

الأعلى أو الأسفل أو في الاستدارة والتوقف داخل الماء، وتعتبر الزعانف الكتفية هي الأعضاء الرئيسية لأداء هذه الحركات أما الزعانف الحوضية فدورها ثانوي.

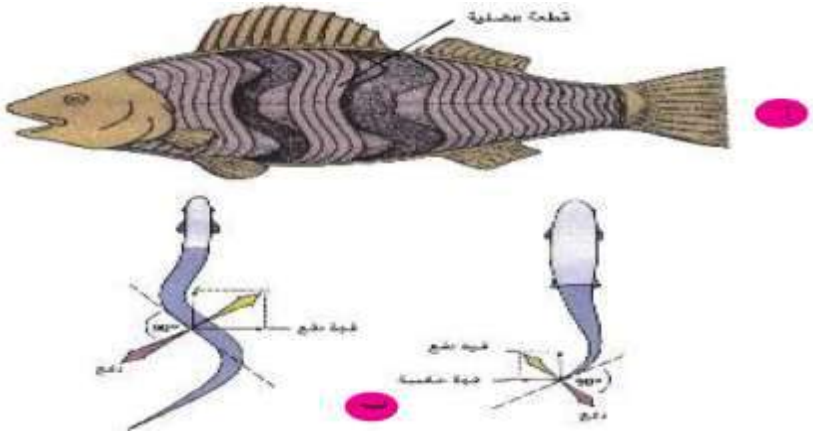
على الرغم من أهمية جميع الزعانف في توازن السمكة فانه عنده إزالة أي زعنفة يستعاض عن عملها بعمل الزعانف الأخرى، وقد دلت التجارب على أن الزعانف الحوضية أقل أهمية في عملية التوازن.



الشكل (37) رسم تخطيطي للعضلات المائلة في الزعنفة الظهرية

العضلات:-

إن الحركة الرئيسية للأسماك تتم عن طريق العضلات فعند تقلص الالياف العضلية تقصر العضلة فإذا ما قصرت العضلات على إحدى جانبي جسم السمكة ينحني الرأس والذنب باتجاه ذلك الجانب وبذلك فان الجانب الاخر يتمدد ان هذه السلسلة المتعاقبة من التقلصات والتقلبات العضلية لجهتي الجسم تؤدي إلى ثني السمكة بحركة تموجية وبسبب تشابك الأجزاء العضلية في الأسماك فان هذه الحركة التموجية تنتقل من الرأس إلى الذنب وتؤدي إلى اندفاع السمكة في الماء.



الشكل (38) العضلات في السمكة العظمية

(أ) العضلات الجذعية في السمكة (ب) الحركة في الأسماك، لاحظ محصلة قوة الدفع من الخلف إلى الأمام

وهناك نوعان من الحركة يمكن تميزها في الأسماك وهما:

الحركة السلبية: وهي الحركة التي تنتقل فيها الأسماك من مكان إلى آخر دون بذل أي مجهود كما يحدث في حركة بيوض ويرقات الأسماك بواسطة التيار المائي حيث ان هذه البيوض والصغار تنتقل من أماكن الإخصاب والتفقيس إلى السواحل عن طريق حركة تيار الماء لتتغذى هناك وهذا الطور من حياة الأسماك يدعى بالطور الهائم، فضلاً عن ذلك فإن بعض الأسماك تنتقل من خلال الالتصاق أو التعلق ببعض الأسماك أو الأحياء المائية الأخرى، كما أن الانسان قد يتدخل في النقل السلبي للأسماك عن طريق نقلها باستخدام وسائل النقل كالسيارات والطائرات وغيرها من مكان إلى مكان أخر.

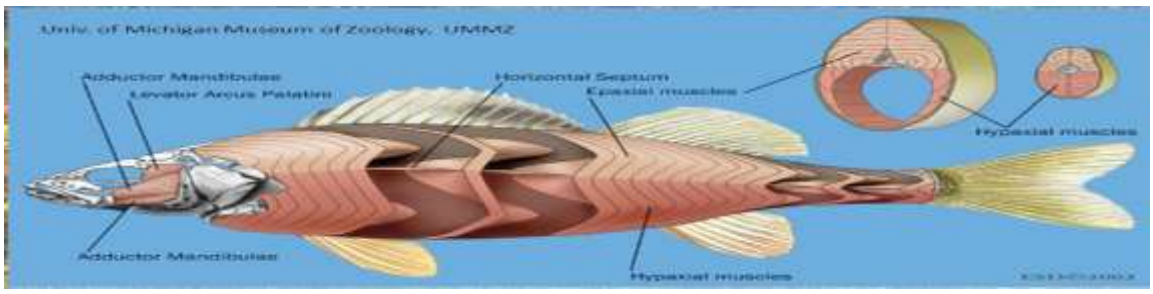
الحركة الإيجابية: وهي الحركة التي تقوم بها الأسماك نتيجة مجهودها العضلي كالسباحة، وتسبح الأسماك بحثاً عن الغذاء أو التكاثر أو الهروب من أعدائها أو للهجوم أو للهجرة وحركة العضلات تكون إما بالتقلص أو الانبساط ، وبصفة عامة تكون الأنسجة العضلية في الأسماك بيضاء بسبب احتوائها على نسبة من البروتين أعلى من الأنسجة الحمراء كما أن نسبة الدهن في الأنسجة البيضاء أقل منها في الأنسجة الحمراء.

ويمكن تقسيم السرعة التي تستخدمها الأسماك للحركة إلى:

السرعة الاعتيادية: وهي السرعة التي تستعملها السمكة في الرحلات اليومية الاعتيادية ويمكن أيجادها بواسطة ترقيم مجموعة من الأسماك ثم إطلاقها في بيئتها الطبيعية ثم بعد ذلك يتم صيدها على بعد معين ويمكن معرفة السرعة التي قطعتها بعد معرفة الزمن الذي استغرق للوصول إلى المسافة المقررة.

السرعة القصوى: وهي السرعة التي تستخدمها الأسماك في الرحلات الطويلة وهي أعلى من السرعة الاعتيادية وأقل من السرعة العالية.

السرعة العالية: وهي السرعة التي تستخدمها الأسماك لقطع مسافات ليست طويلة ولكن بفترة قصيرة جداً وتختلف السرعة التي تتحرك فيها الأسماك حسب نوع السمكة وحجمها ودرجة حرارة الماء.



الشكل (39) عضلات الجسم في الأسماك

التشريح الداخلي للسمكة

الجهاز الهضمي

تتغذى الأسماك على ما هو متوفر في المحيط البيئي الذي تتواجد فيه، إلا أن معظم الأسماك تكون لاحمة أي تتغذى على الطعام الحيواني المتمثل بالهائمات الحيوانية ويرقات الحشرات وأنواع اللافقريات المائية وحتى الفقريات وهناك مجموعة أخرى من الأسماك ذات تغذية نباتية (عاشبة) حيث تتغذى على الطحالب والأعشاب، والمجموعة الثالثة تكون متنوعة التغذية (قارتة) حيث تتغذى تغذية نباتية وحيوانية.

يتكون الجهاز الهضمي في الأسماك من الأجزاء الآتية:

1- الفم Mouth: وهو مدخل الجهاز الهضمي ويحدد شكله وموقعه طبيعة التغذية في الأسماك.

2- الأسنان Teeth: هناك ثلاثة أنواع من الأسنان في الأسماك إذ تقسم حسب موقعها إلى:

أ. الأسنان الفكية: حيث تقع على الفكين وتتكون من عدة أشكال أهمها الأنياب والقواطع والأضراس كما في اسماك القرش.

ب. الأسنان الفمية: وتوجد في سقف التجويف الفمي أو على قاعدة الفم أو فوق اللسان كما في أسماك القط.

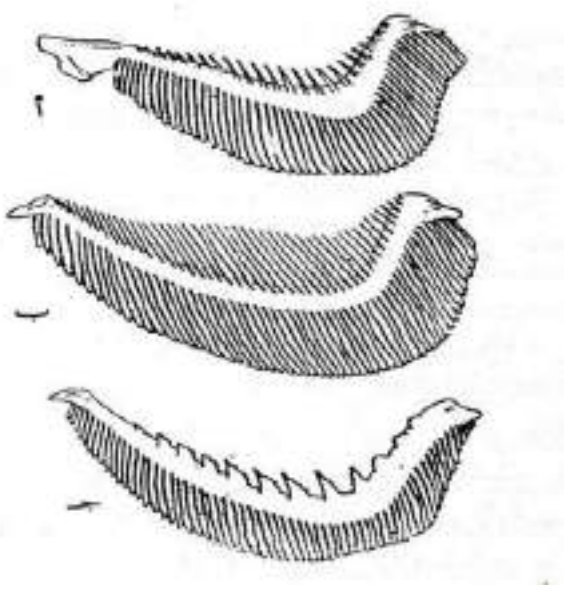
ج. الأسنان البلعومية: وهي عبارة عن تحور الزوج الخامس من الأقواس الغلصمية وتستخدم كعضو سحق وتكسير كما في أسماك الكارب.

تختلف أعداد وأنواع الأسنان في الأسماك حسب طبيعة التغذية ونوع الغذاء فالأسماك المفترسة تكون أسنانها الفكية حادة وقوية ومتخصصة لمسك الفريسة وتقطيعها. أما الأسماك الي تتغذى على الهائمات والأحياء الدقيقة فيكون فمها خاليا من الأسنان، والأسماك التي تتغذى على الديدان والرخويات والأحياء ذات الأجسام الصلبة فأنها تستعمل الأسنان البلعومية لسحق غذائها.

3- الأمشاط الغلصمية: تعمل الأمشاط الغلصمية كجهاز ترشيح أو مصفي يفصل المواد الداخلة مع الماء حسب حجمها. إن عدد وطول وشكل الأمشاط الغلصمية يعتمد على نوعية التغذية، فمثلا الأسماك التي تتغذى على المصادر الحيوانية (اللواحم) تكون الأمشاط الغلصمية قليلة العدد وقصيرة، أما الأسماك التي تتغذى على الهائمات والأحياء الدقيقة فتكون أمشاطها الغلصمية طويلة ومتقاربة وكثيرة العدد، وفي الأسماك المختلطة التغذية (القوارت) تكون الأمشاط الغلصمية قصيرة وغليظة.

4- المريء Gullet: وهو عضو عضلي قصير له القابلية الكبيرة على التوسع طوليا وعرضيا بسبب تركيبه. يوصل المرئ بين البلعوم والمعدة، ويمكن للمريء ان يتمدد بحجم الفريسة لذلك نادراً ما تختنق الأسماك بسبب ابتلاعها لفريسة كبيرة.

5- المعدة Stomach: وهي عضو الهضم الرئيسي وتختلف أحجامها وأشكالها حسب طبيعة ونوعية التغذية وهناك عدة أنواع من المعدة هي:



الشكل (27) الأمشاط الغلصمية للأسماك

(أ) *Coregonus Iavaretus*

(ب) *Coregonus muksun*

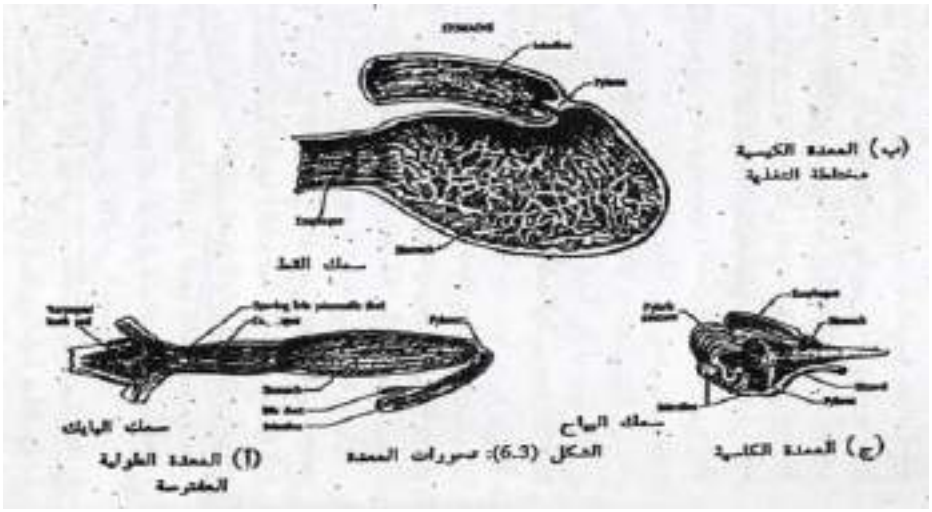
(ج) *Lucioperca Iucioperca*

المعدة الطولية Elongated shape: وتكون واسعة ومتطورة وتوجد في الأسماك المفترسة (لحمية التغذية) كما في أسماك الكراكي والشلك والبز.

المعدة الكيسية saccutar shape: وهي معدة واسعة ومميزة عن الجهاز الهضمي وتكون كبيرة. عادةً ما تتواجد في الأسماك اللحمية والقارتة وتشبه معدة اللبائن مثل معدة سمك الجري.

المعدة الكأسية (القانصة) Gizzard shape: يتحور جزء من المعدة ليصبح الجزء البوابي Pyloric سميك حتى تمكن السمكة من طحن وسحق حبيبات الرمل والطين وجدران الدياتومات في غذاء السمكة وعادةً ما تتواجد هذه المعدة في الأسماك قاعية التغذية مثل الخشني.

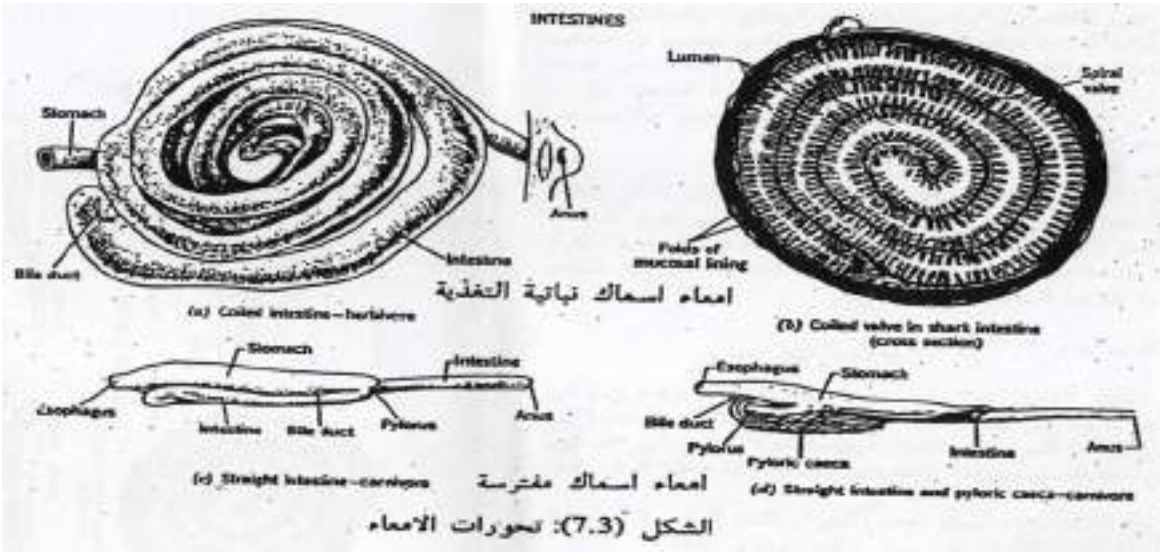
المعدة المتحورة الانبوبية Tubular shape : وهي معدة قصيرة غير مميزة عن بقية أعضاء الجهاز الهضمي وعادةً ما تتواجد هذه المعدة في الأسماك ذات التغذية العشبية مثل سمكة الكارب العشبي والحمري وكذلك في الأسماك المختلطة التغذية (القوارت) كما في أسماك الشبوط. ليس لجميع أنواع الأسماك معدة حقيقية ففي معظم أسماك عائلة الشبوطيات يتحور الجزء العلوي من الأمعاء إلى انتفاخ ذي إفرازات حمضية كما ويختلف التركيب النسيجي لبطانة هذا الانتفاخ عن بقية الأمعاء ويعمل هذا الجزء عمل المعدة في هذه الأنواع من الأسماك مثل الشبوط والكارب والكطان وغيرها.



الشكل (28) أنواع المعدة في الأسماك

6- الأعاور البوابية Pyloric Caeca: وتسمى أيضاً بالزوائد البوابية أو المعي الأعور توجد الاعاور البوابية في بعض أنواع الأسماك المفترسة في منطقة اتصال المعدة بالأمعاء. وتختلف أعدادها وأطوالها حسب نوع السمكة وقد تستعمل أحيانا لأغراض تصنيفية. ونظراً لوجود خلايا غدية بنكرياسية في نسيجها الضام الخارجي بين الأعاور فيعتقد أن لها أهمية خاصة في امتصاص الدهن والشموع، تقوم الأعاور البوابية بإفراز أنزيمات هاضمة تساعد في عملية هضم المواد الغذائية وتساعد في زيادة المساحة السطحية للامتصاص كما تأوي أعداداً كبيرة من الطفيليات. ونادراً ما توجد الأعاور بين المعي الاوسط والمستقيم (كما في سمك موسى ولسان البحر)، وإذا وجدت كذلك فأنها لا توجد في كل أفراد النوع. وبعد موت السمك تؤدي انزيمات هضم البروتين في الأعور إلى تحلل ذاتي بسيط يؤدي إلى مذاق خاص للسمك (كالرنجة) وعليه فعند تصنيع السمك لا تزال الأعاور.

7- الأمعاء intestines: وهي عضو الامتصاص الرئيسي وتختلف أشكالها وأحجامها حسب طبيعة ونوعية التغذية فالأسماك المفترسة يتم معظم الهضم في معدتها لذلك تكون أمعائها قصيرة ومستقيمة ومتخصصة للامتصاص فقط. أما الأسماك النباتية التغذية فتكون أمعائها طويلة وملتفة لأن المواد النباتية تحتاج إلى فترة أطول للهضم والامتصاص بسبب احتوائها على المواد السليلوزية.



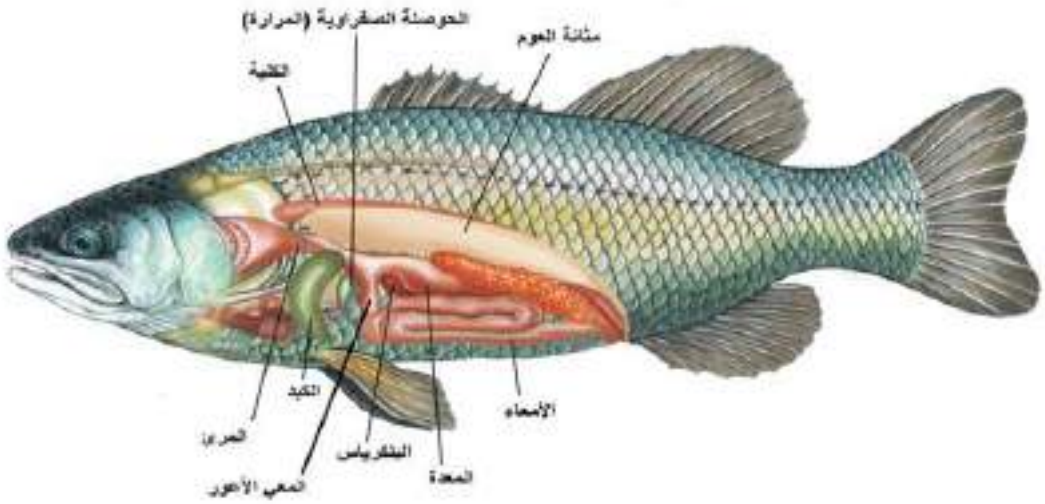
الشكل (29) تحورات الأمعاء

8- الفتحة المخرجية anus: في القروش والقوابع والأسماك الرئوية تفتح نهاية القناة الهضمية مع نهاية الجهازين البولي والتناسلي في مجمع Cloaca واحد، لكن في معظم الأسماك تفتح نهاية القناة الهضمية في فتحة شرج منفصلة عن الفتحة البولية التناسلية ويكون عادة موقعها في نهاية الجسم وتشذ عن ذلك بعض الأسماك كالقد الياباني Japanese Cod والثعبان طويل الأنف Long- Nosed Eel والتي تحتوي على فتحة مخرج أمامية أو تحت الشفاه السفلى.

تمتلك الأسماك العظمية غدداً هضمية ملحقة بالقناة الهضمية وهي الكبد والبنكرياس

أ. الكبد Liver: يكون الكبد في الأسماك العظمية مفصصاً، وفي الغالب يكون الفص الأيسر أكبر من الأيمن ويستقر فيه كيس الصفراء الذي تفتح قناته (قناة الصفراء) في الجزء الأمامي من الأمعاء الدقيقة والمتمثل بالاثني عشري.

ب. البنكرياس Pancreas: يتمثل البنكرياس في الأسماك العظمية في الغالب بنسيج بنكرياسي منتشر ضمن الكبد أو الأغشية المرتبطة بجدار الأمعاء ويصعب تمييز حدوده.



الشكل (30) الجهاز الهضمي في الأسماك العظمية

عملية الهضم:

يقوم الجهاز الهضمي بعملية هضم المواد الغذائية وتحويلها إلى مواد سائلة بسيطة التركيب لتتمكن الأمعاء من امتصاصها وتنقل بواسطة الدم إلى كافة أنحاء الجسم. أما المواد غير القابلة للهضم فإن الجسم يتخلص منها ويطرحها إلى خارج الجسم عن طريق فتحة المخرج من خلال التقلصات العضلية وحركة الأمعاء. إن عملية الهضم تتم بطريقتين هما:-

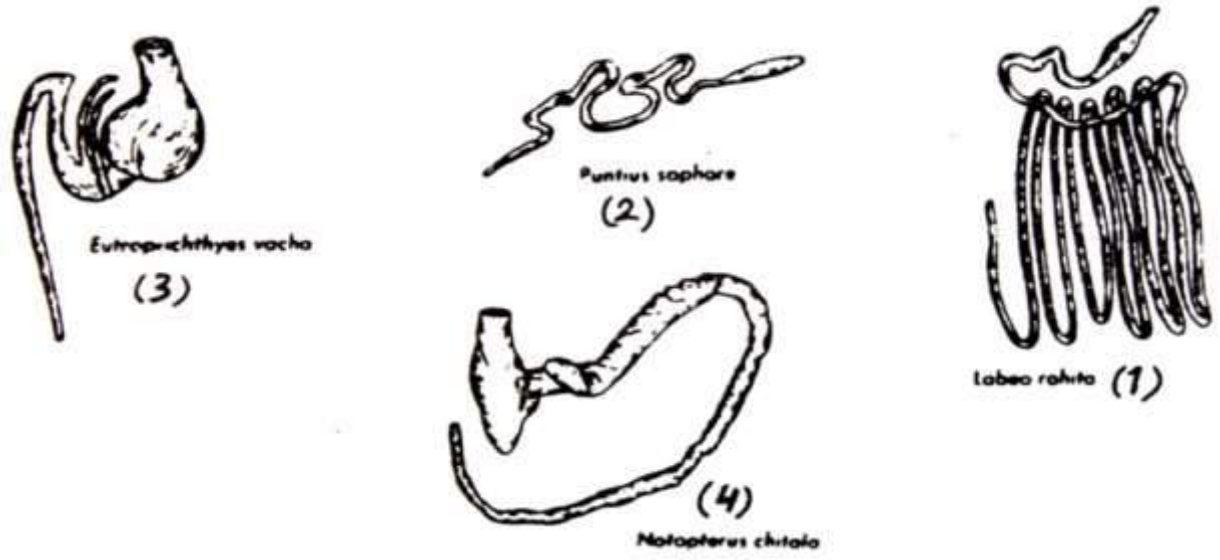
1- الهضم الميكانيكي: وهي عملية سحق وطحن ومزج المواد الغذائية داخل القناة الهضمية من خلال التقلص والانبساط في حركة العضلات اللاإرادية الموجودة في القناة الهضمية.

2- الهضم الكيميائي: وهي عملية هضم المواد الغذائية باستخدام الأنزيمات الهاضمة المفرزة من قبل المعدة والأمعاء فضلاً عن الغدد الملحقة بالقناة الهضمية كالبنكرياس والكبد، إذ تعمل هذه الانزيمات على تحليل هذه المواد الغذائية المعقدة التركيب وتحويلها إلى تراكيب أبسط ليسهل امتصاصها فيما بعد.

آلية عملية الهضم:

تقوم المعدة بعملية الهضم الأولية لأنه لا توجد للأسماك غدد لعابية في الفم، حيث تفرز جدران المعدة حامض الهيدروكلوريك كعامل مساعد مع أنزيم الببسين على تحليل المواد البروتينية وتحويلها إلى مركبات أبسط هي الأحماض الأمينية. وفي حالة وجود الأعاور البوابية فإنها تفرز بعض الانزيمات الهاضمة مثل انزيم اللاكتيز الذي يهضم المواد النشوية والبروتيز لهضم البروتينات. أما في الأمعاء فيتم الهضم في بداية الأمعاء إذ تفرز أملاح الصفراء القادمة من المرارة في الكبد بواسطة قناة خاصة تصب محتوياتها في بداية الامعاء وتعمل أملاح الصفراء على استحلاب الدهون لتسهيل عملية هضمها من خلال إفراز إنزيم اللايبيز من قبل الأمعاء وبذلك يتم تحويل المركبات الدهنية المعقدة إلى أحماض دهنية بسيطة، وفي بعض الأنواع من الأسماك تفرز الأمعاء أنزيم البروتيز المسؤول عن هضم البروتينات وتحويلها إلى أحماض أمينية.

بعد هضم المواد الغذائية المختلفة والمعقدة وتحويلها إلى مواد بسيطة التركيب ذائبة تمتص في الأمعاء بواسطة الزغابات الموجودة في البطانة الداخلية للأمعاء وتنتقل مع الدم إلى أنحاء الجسم المختلفة لاستخدامها في عمليات النمو وإدامة الحياة.



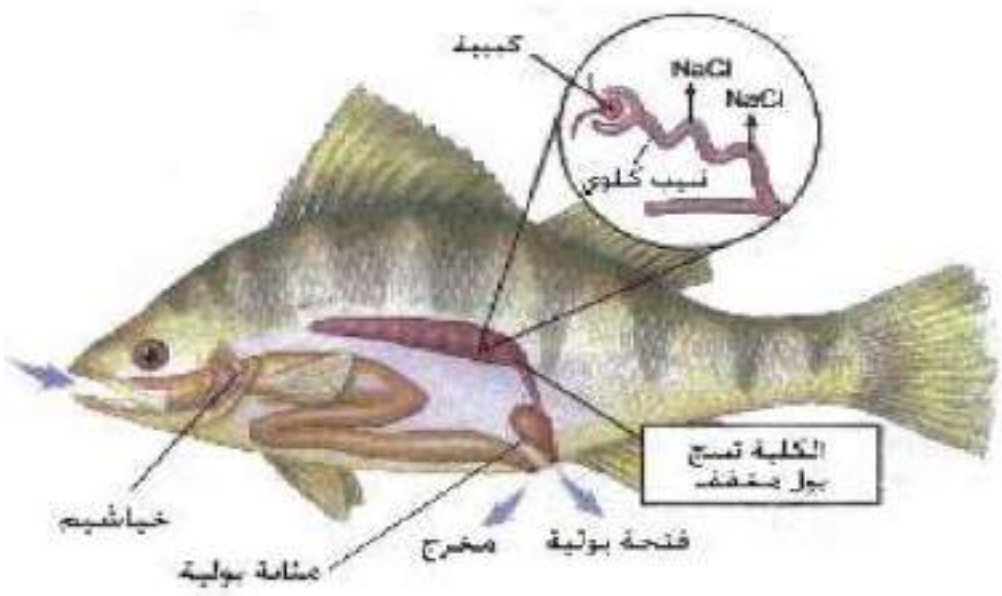
الشكل (31) القناة الهضمية لأربعة أنواع من أسماك المياه العذبة الهندية شديدة الاختلاف الظاهري حسب نوع الغذاء (1) من آكلات العشب تتغذى على الطحالب والنباتات الغضة (2) تتغذى على كل شيء لكنها تفضل النباتات (3) تتغذى على كل شيء لكنها تفضل اللافقاريات الكبيرة (4) من آكلات اللحوم وتفضل القشريات الكبيرة والحشرات والأسماك.

التشريح الداخلي للسمكة

الجهاز الإبرازي (البولي)

يعمل الجهاز البولي في الأسماك على التخلص من الفضلات النيتروجينية السائلة فضلاً عن بعض الأملاح والماء. تعتبر الكلية عضو تنقية الدم وترشيح الفضلات النيتروجينية منه واخراجها خارج الجسم، يتألف الجهاز البولي في الأسماك العظمية من زوج من الكُلى، ولكل كلية قناة تمتد على الحافة الداخلية للسطح البطني للكلية وتتحد قناتا الكليتين في الخلف لتفتحا بالفتحة البولية.

وفي بعض الأسماك قد يتسع الامتداد الخلفي لقناة الكلية مكوناً ما يمثل المثانة البولية والتي تستخدم للخزن الوقتي للبول. تكون الكبيبات في أسماك المياه العذبة العظمية كبيرة والكلية تطرح بولاً مخففاً، أما في أسماك المياه المالحة (البحرية) العظمية فإن الكبيبات تكون صغيرة وربما معدومة في بعض الأنواع مما يقلل الترشيح، وتقوم الأسماك بتحويل معظم الأمونيا إلى يوريا تطرح من قبل الكُلى والخياشيم. وتكون أعداد الخلايا الكلورية (خلايا ملحية) في أسماك المياه المالحة العظمية أكثر مما في أسماك المياه العذبة العظمية.

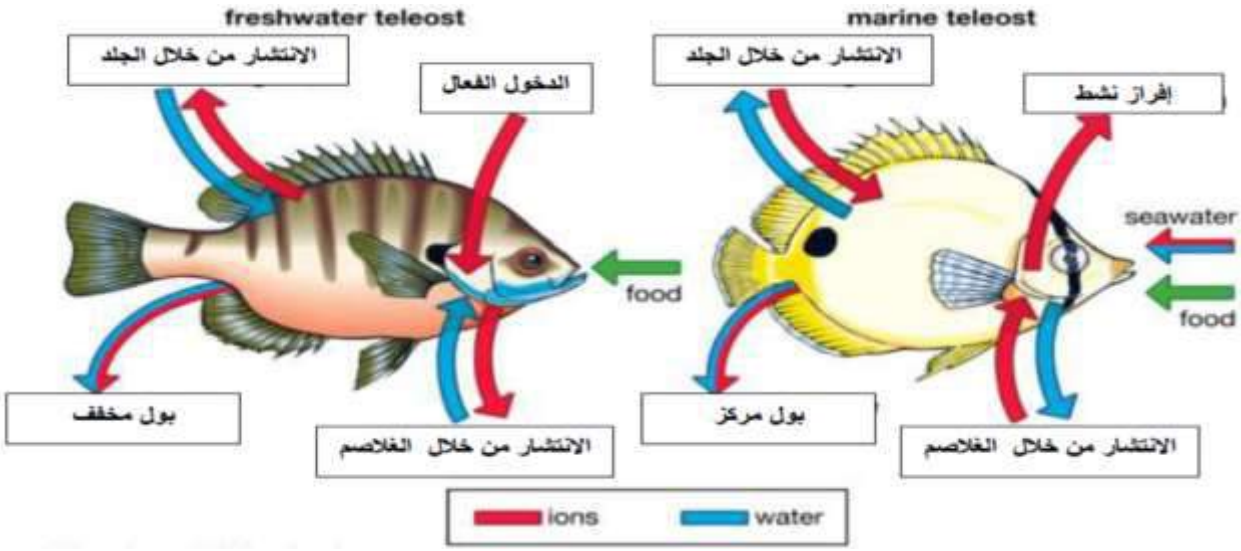


الشكل (54) التشريح الداخلي لسمكة عظمية ويتضح من خلاله تركيب الجهاز الإبرازي في سمكة عظمية

الإفراز والتنظيم الإزموزي في الأسماك:

إن الأسماك تطرح الفضلات الناتجة من الفعاليات الحيوية عن طريق القناة الهضمية والجهاز البولي والغلاصم والجلد. فالكلية تفرز الماء والأملاح المعدنية والبول وكذلك يفرز الجلد والقناة الهضمية الماء والأملاح بينما تفرز الغلاصم الأمونيا واليوريا وأيونات الكالسيوم (Ca^{++}) والصوديوم (Na^{+}).

- إن الأسماك النهرية تعيش في محيط ذا تركيز أقل من سوائلها الجسمية وبذلك فإن الماء يدخل إلى داخل جسمها من المحيط الخارجي لأنه ينتقل من المحيط الأقل تركيز إلى الأكثر، ويكون البول في الأسماك النهرية مخففاً وتميل الأسماك النهرية إلى الاحتفاظ بالأملاح. البول في الأسماك النهرية يتكون من الكرياتين وبعض الأحماض الأمينية وقليل جداً من اليوريا والأمونيا والماء الذي يكون نسبة عالية والمكونات نفسها توجد في الأسماك البحرية ما عدا تركيز البول الذي يكون عالياً لتعادل الأملاح داخل جسمها للمحافظة على الضغط الإزموزي فإن هناك عملية تبادل أيوني فعال يحدث بين الجسم والمحيط الخارجي عن طريق الغلاصم والجلد للتعويض عن الفقدان غير الفعال للأيونات مع الماء.
- أما الأسماك البحرية فإنها تعيش في بيئة أكثر تركيزاً من سوائلها الجسمية وبذلك فإن الماء يخرج من جسمها عن طريق الجلد باستمرار، الأسماك البحرية هذه تعيش في حرمان من الماء وتكون مهددة بالجفاف وتعادل الأسماك البحرية هذه الظاهرة بابتلاعها كميات كبيرة من الماء كما ان البول فيها يكون مركزاً جداً وتميل إلى إخراج الأملاح المعدنية عن طريق القناة الهضمية أيضاً. إن السيطرة على كمية البول والتوازن الملحي للأسماك تنظم عن طريق افرازات الغدد الصم فالهرمونات المفرزة من الغدة النخامية تسيطر على ضغط الدم بحيث تغير من الترشيح في خلايا الكلية وبذلك تسيطر على كمية السوائل المفرزة وعلى عمليات الترشيح والامتصاص في الغلاصم.



الشكل (55) تنظيم دخول وطرح الماء والأملاح في جسم السمكة